

SPIS TREŚCI

I.	OPIS TECHNICZNY	2
1.	Charakterystyka ogólna	3
2.	Bazowa receptura dla mieszanki betonowej	3
3.	Wymagania materiałowe	7
3.1.	Dyble i kotwy	7
3.2	Zbrojenie ciągłe	10
3.3	Warstwy konstrukcji	12
3.3.1	Beton nawierzchniowy	12
3.3.2	Warstwa poślizgowa	16
3.3.3	Mieszanka wzmacniana spoiwem hydraulicznym	17
3.3.4	Mieszanka niezwiązana zagęszczana mechanicznie	21
3.3.5	Warstwa mrozoochronna	24
3.3.6	Warstwa ulepszonego podłoża	24
3.3.7	Masa zalewowa	28
4.	Konstrukcja nawierzchni betonowej	30
4.1	Wzmocnienie podłoża gruntowego do nośności G1	30
4.2	Obliczenia grubości konstrukcji nawierzchni	31
4.3	Schemat wykonania dylatacji	36
4.4	Rozmieszczenie dybli i kotew	36
4.5	Wykonanie ścieku wciśniętego	39
4.6	Uszorstnienie nawierzchni betonowej	42
4.7	Montaż i osadzenie wpustów deszczowych i studni kanalizacyjnych	45
4.8	Szczelina separacyjna między krawężnikiem a płytą betonową	45
4.9	Montaż peronowych krawężników profilowych i drogowych	46
4.10	Wbudowanie i pielęgnacja wykonanej nawierzchni	46
5	Konstrukcja płyty betonowej o zbrojeniu ciągłym	55
6	Konstrukcja płyty betonowej ze zbrojeniem rozproszonym	56
7	Mieszanka betonowa o skróconym czasie wiązania	59
8	Recepta dla nawierzchni wykonywanej w niskich temperaturach	61
9	Wytyczne wymiany uszkodzonych płyt nawierzchni dyblowanej	61
10	Naprawy typowych uszkodzeń nawierzchni betonowych.	64
II.	CZĘŚĆ RYSUNKOWA	75

I OPIS TECHNICZNY

Podstawą wykonania projektu jest umowa nr W/7/URD/2017 (PBU/01-538/2017/WAT) zawarta w dniu 24.05.2017r pomiędzy Miastem stołecznym Warszawa, reprezentowanym przez Zarząd Dróg Miejskich, ul. Chmielna 120, 00-801 Warszawa a Wydziałem Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowej Akademii Technicznej im Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie.

Przedmiotem umowy jest „Opracowanie ogólnych standardów wykonawczych nawierzchni betonowych dla przystanków autobusowych”.

1. Charakterystyka ogólna.

Opracowane nawierzchnie betonowe przeznaczone są do budowy lub remontu nawierzchni na przystankach autobusowych. Przeznaczone są do pracy w nawierzchniach obciążonych ruchem KR4 i KR5.

W opracowaniu rozpatrywano 5 wariantów:

- 1) Przystanek o długości 20 m wraz ze skosem wjazdowym i wyjazdowym (W 1.1)
- 2) Przystanek o długości 40 m wraz ze skosem wjazdowym i wyjazdowym (W 1.2)
- 3) Przystanek przejazdowo-postojowy o długości 20 m (W 1.3)
- 4) Przystanek przejazdowo-postojowy o długości 40 m (W 1.4)
- 5) Plac manewrowy o wymiarach 60m x 7m, na pętli autobusowej (W 1.5)

Wymiary płyt betonowych w planie wynoszą 3m x 5m (na przystankach) oraz 3,5m x 5m (na placu manewrowym pętli autobusowej).

Na skosach wjazdowych i wyjazdowych przyjęto płyty betonowe o szerokości zmiennej, ale nie mniej niż 2m. Odcinki skosów o mniejszej szerokości od 2m będą wykonane w technologii bitumicznej.

Rozpatrywano posadowienie konstrukcji nawierzchni na podłożach należących do grupy nośności od G1 do G4. Jako podbudowę przyjęto kruszywo związane spoiwem hydraulicznym (CBGM).

Trwałość nawierzchni przyjęto na 30 lat.

2. Bazowa recepta dla mieszanki betonowej.

Recepta laboratoryjna została opracowana dla kruszywa będącego na stanie laboratorium Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej.

Przed przystąpieniem do wykonywania robót budowlanych wymagane jest opracowanie recepty laboratoryjnej z wykorzystaniem kruszywa posiadanego przez wytwórnię. Mieszanka betonowa powinna spełniać wymagania określone w receptie bazowej wraz z podanymi tolerancjami. Bazową receptę laboratoryjną opracowano zgodnie z PN-EN 206:2014-04 oraz PN-B 06250:1988.

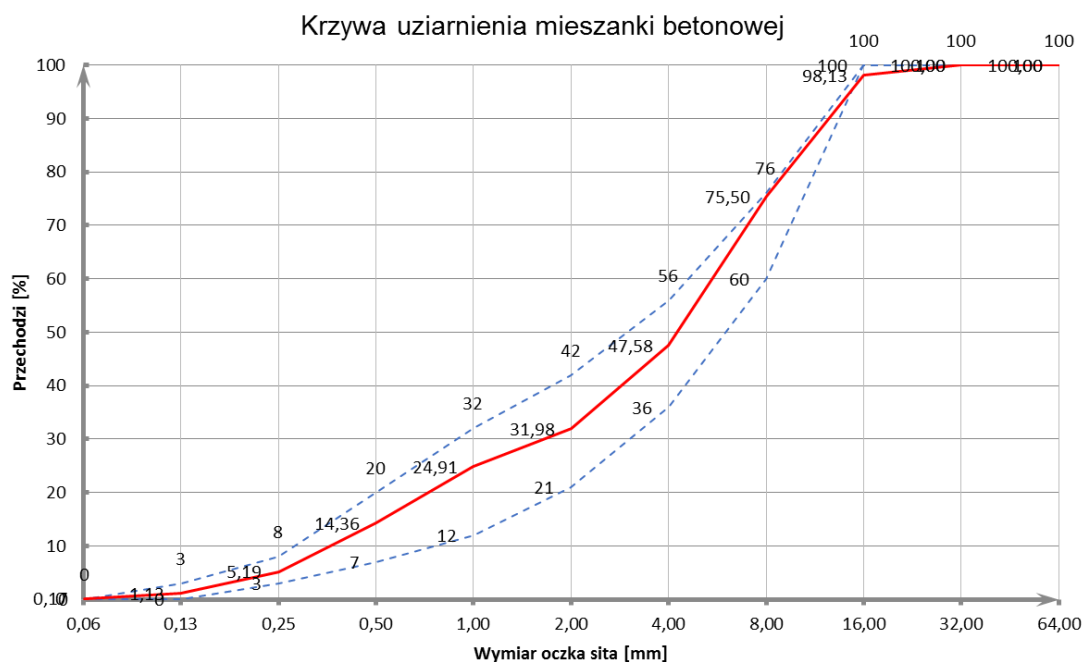
W tabeli 3 zestawiono wymagania wobec mieszanki betonowej przeznaczonej na drogowe nawierzchnie betonowe zatok i pętli autobusowych natomiast w tabeli 4 przedstawiono skład bazowej receptury. W tabeli 5 zestawiono wyniki badań betonu.

Tabela 2.1. Wymagania dla mieszanki betonowej na drogowe nawierzchnie betonowe

Wymagana klasa betonu	C 35/45
Konsystencja	S-3
Mrozoodporność	F150
Wodoszczelność	W-8
Klasa ekspozycji	XF4
Przyrost wytrzymałości	szybki
Nasiąkliwość	< 5%
Zawartość powietrza	$\geq 5,5\%$
Zawartość porów A_{300}	$\geq 1,5\%$
Wskaźnik rozmieszczenia porów L	< 0,20 mm
Minimalna zawartość cementu w 1m^3	340 kg

Tabela 2.2. Bazowa receptura mieszanki betonowej na drogowe nawierzchnie betonowe

Składniki	Ilość	j.m.	Udział [%]	Gęstość [kg/dm ³]	Objętość [dm ³ /m ³]
Cement CEM I 42,5 R	360	kg	-	3,10	116,2
Woda	139,6	kg		1,00	139,6
Kruszywo drobne Piasek 0/2	605	kg	30	2,65	228,4
Kruszywo grube Granit 2/4	343	kg	17	2,75	124,8
Kruszywo grube Granit 4/8	605	kg	30	2,75	220,2
Kruszywo grube Granit 8/16	463	kg	23	2,75	168,5
Plastyfikator	1,8	kg	0,50	1,12	1,61
Napowietrzacz CHRYSO Air LB	0,72	kg	0,20	1,002	0,72
RAZEM	2518	kg	Razem dm³		1000



Rys. 2.1. Krzywa uziarnienia mieszanki betonowej na drogowe nawierzchnie betonowe

Tabela 2.3. Wyniki badań mieszanki betonowej.

Parametr	Wartość wymagana	Wartość uzyskana
Wymagana klasa betonu	C 35/45	$f_{ci} = 44,4 \text{ MPa}$ $f_{cm} = 53,8 \text{ MPa}$
Konsystencja	S-3	S-3
Mrozoodporność	F150	ubytek masy 0,3% spadek wytrzymałości 9%
Wodoszczelność	W-8	W-8
Klasa ekspozycji	XF4	XF4
Przyrost wytrzymałości	szybki	szybki
Nasiąkliwość	< 5%	1,1 %
Zawartość powietrza	$\geq 5,5\%$	6,5 %
Zawartość porów A_{300}	$\geq 1,5\%$	2,2 %
Wskaźnik rozmieszczenia porów L	< 0,20 mm	0,12 mm
Minimalna zawartość cementu w 1m^3	340 kg	360 kg

3. Wymagania materiałowe

Niniejszy rozdział dotyczy określania wymagań materiałowych, których spełnienie gwarantuje konstrukcji nawierzchni przeniesienie przewidywanych obciążeń w danych warunkach gruntowo-wodnych oraz klimatycznych. Prawidłowo zaprojektowane i wykonane nawierzchnie, odpowiednio utrzymywane umożliwią wieloletnią eksploatację.

W treści niniejszego rozdziału używany jest termin „Wytyczne Techniczne”. Pod pojęciem „Wytyczne Techniczne” należy rozumieć załączniki krajowe do norm europejskich, wymagania techniczne, specyfikacje techniczne lub inne dokumenty przenoszące zapisy norm serii PN-EN, jakie zostaną uznane przez Zarządcę Drogi za obowiązujące w odniesieniu do stosowanych materiałów i technologii.

W niniejszym rozdziale podano tylko podstawowe wymagania względem materiałów do poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni. Szczegółowe wymagania podają okresowo aktualizowane Wytyczne Techniczne. Typowe parametry poszczególnych materiałów przyjęte do projektowania nawierzchni zamieszczono w odpowiednich rozdziałach.

Jeżeli do Wytycznych Technicznych zostaną wprowadzone istotne zmiany parametrów materiałów w stosunku do obowiązujących w czasie wykonywania niniejszego opracowywania (wrzesień 2017) wówczas należy przeprowadzić analizę czy materiały te mogą być stosowane do zaprojektowanych nawierzchni.

3.1 Dyble i kotwy

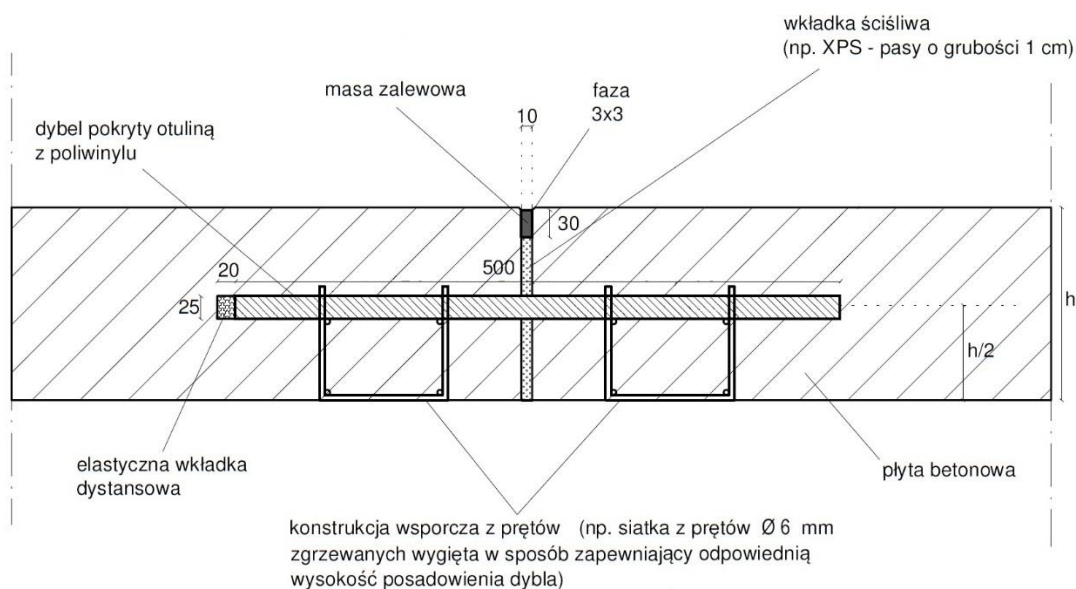
Dyble to pręty stalowe wykonane ze stali gładkiej, zabetonowane w szczelinach prostopadłych do kierunku jazdy w osi obojętnej przekroju nawierzchni. Zadaniem dybla jest przekazanie obciążenia na sąsiednią płytę i tym samym wciągnięcie jej do współpracy przez zwiększenie powierzchni podparcia krawędzi płyty. Dyble zabezpieczają przed klawiszowaniem płyt.

Dyble powinny spełniać wymagania normy PN-EN 13877-3, wytrzymałość dybli powinna zostać oznaczona zgodnie z PN-EN ISO 15630-1 i powinna wynosić co najmniej 250 MPa. Tolerancja średnicy dybla powinna być zgodna z PN-EN 10060. Dyble powinny być proste, bez jakichkolwiek nierówności, a przesuwane końce bez żadnych wypukłości poza średnicę pręta. Powinny być pokryte powłoką z polimeru lub poliwinylu w celu

zabezpieczenia stali przed korozją i zapobiegania przywierania do betonu. Średnia grubość pokrycia nie powinna być mniejsza niż 0,3 mm i większa niż 1,25 mm.

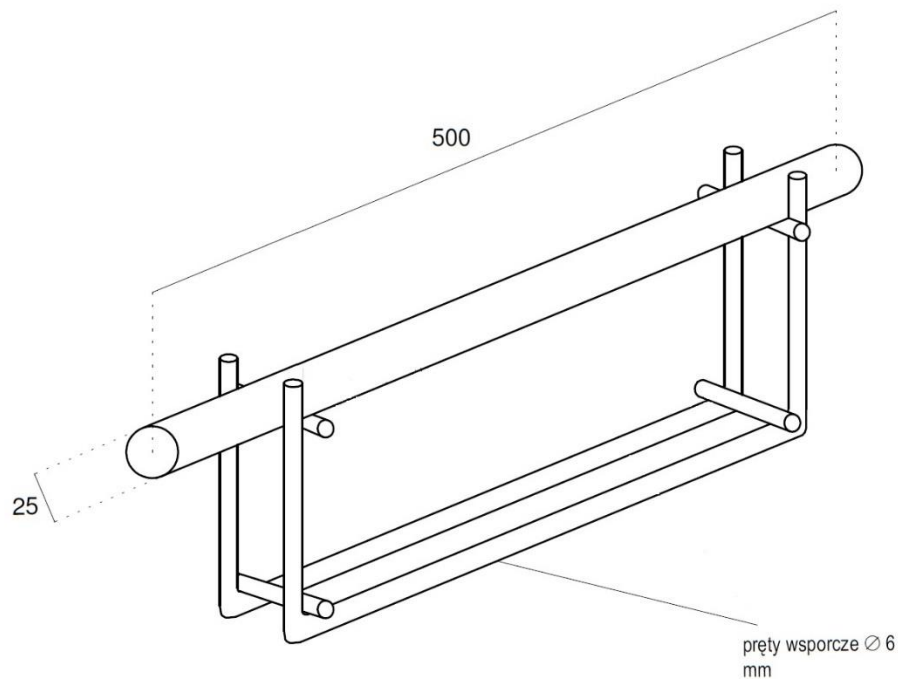
W zatokach autobusowych wszystkie rodzaje szczelin poprzecznych będą dyblowane. Do jednego z końców dybla powinien być przyklejony krążek o średnicy takiej samej jak dybel i grubości 20 mm (rys. 3.2). Krążek powinien być wykonany z materiału ściśliwego (np. poliuretanu). Zapewni to swobodne przemieszczanie się dybla w czasie ruchów termicznych płyty.

Z uwagi na małe wymiary zatok autobusowych nie przewidziano wbudowywania dybli metodą wibrowania. Przed zabetonowaniem dyble będą przytwierdzone do podłoża w koszach zbrojarskich wykonanych z prętów $\Phi 6$ mm.



Rys. 3.1 Dybel w szczelinie dylatacyjnej rozszerzania.

Na rysunku 3.2 przedstawiono dybel umocowany w osi obojętnej (połowa wysokości przekroju), w koszach z prętów $\Phi 6$ mm, utrzymujących położenie dybla w czasie betonowania. Kosze przytwierdzone są do podbudowy kołkami rozporowymi (rys. 3.3)



Rys. 3.1 Kosz podtrzymujący dybel do zabetonowania.

Wymiary koszy podtrzymujących są ustalane przez projektanta i wykonywane na miejscu przez zbrojarzy. Kosz podtrzymujący powinien spełniać następujące warunki.:

- 1) Po zabetonowaniu dybel powinien znajdować się w połowie wysokości przekroju płyty nawierzchniowej.
- 2) Szczelina dylatacyjna powinna być w połowie długości dybla.
- 3) Kosz podtrzymujący powinien stabilizować pozycję dybla w czasie betonowania a szczególnie podczas wibrowania.



Rys. 3.3 Dyble w koszach podtrzymujących

Kotwy to pręty stalowe wykonane ze stali żebrowanej, zabetonowane w szczelinach konstrukcyjnych, równoległych do kierunku jazdy w osi obojętnej przekroju nawierzchni. Zadaniem kotwy jest zapewnienie współpracy między sąsiednimi pasami płyt betonowych i równomiernych przemieszczeń termicznych całej konstrukcji nawierzchni. Zapobiegają również rozsuwaniu się płyt.

W rozpatrywanych w niniejszym opracowaniu przypadkach, kotwy wystąpią jedynie w płaszczyźnie manewrowej na pętli autobusowej. Płaszczyzna ma wymiary 60m x 7m i będzie się składała z dwóch rzędów płyt o wymiarach 3,5 x 5 m które będą kotwione. Dla rozpatrywanego przypadku przyjęto kotwy: średnica 20 mm, długość 800 mm w rozstawie co 1 m zgodnie z PN-EN 13877-1

Kotwy powinny być wykonane ze stali żebrowanej klasy B250 lub B500 i powinny być zgodne z PN-EN 10080. Środek kotwy na długości min. 200 mm należy zabezpieczyć powłoką z polimeru lub poliwinylu o grubości min. 0,3 mm i max. 1,25 mm odporną na działanie alkaliów w celu zabezpieczenia kotwy przed korozją.

W czasie betonowania kotwy będą mocowane analogicznie jak dyble (rys.3.2) w koszach zbrojarskich. Dopuszcza się inną technologię mocowania kotew przez wklejanie w wywiercony w tym celu otwór w już wykonanej płycie. Klej do wklejania kotew wklejanych po związaniu i stwardnieniu powinien charakteryzować się minimalną wytrzymałością na wrywanie kotwy 80 kN.

3.2 Zbrojenie ciągłe

Zgodnie z wymaganiem narzuconym przez Zleceniodawcę nawierzchnię o zbrojeniu ciągłym zaprojektowano na przystanku autobusowym o długości 20 m i na pasie przejazdowo – postojowym o długości 20m.

Rozstaw szczelin podłużnych w nawierzchni o zbrojeniu ciągłym jest zbliżony do nawierzchni dyblowanej i kotwionej, z poniższymi uwagami:

- Nie wykonuje się szczelin poprzecznych.
- Położenie szczelin podłużnych należy minimalnie skorygować, dostosowując do położenia prętów zbrojenia podłużnego tak, aby znajdowały się pomiędzy prętami zbrojącymi.
- Niedopuszczalne jest pokrywanie się szczelin z przebiegiem prętów.

- Nacięcia w nawierzchni o zbrojeniu ciągłym, ze względu na otulinę prętów wykonuje się na głębokość: pierwsze cięcie na głębokość 7 cm, drugie cięcie poszerzające – na głębokość 2,7 cm.

Na obu końcach 20m odcinków przystanku należy wykonać bloki kotwiące o wysokości 1 m i szerokości min. 0,65 umożliwiające prawidłową pracę prętów zbrojenia ciągłego. Zbrojenie główne oraz konstrukcyjne płyty nie powinno mieć śladów korozji i zanieczyszczeń smarami lub olejami. Siatka zbrojenia płyty powinna być rozmieszczona zgodnie z projektem technicznym, SST oraz zabezpieczone przed przemieszczeniem w czasie betonowania. Pręty zbrojenia ciągłego w czasie betonowania powinny być podtrzymywane w koszach jak na rys. 3.3.

Pręty zbrojeniowe powinny być co najmniej klasy B500 i powinny być zgodne z PN-EN 10080. W nawierzchniach betonowych o zbrojeniu ciągłym, ciągłość zbrojenia może być zachowana przez zachodzenie na siebie prętów(min. 1 m), zastosowanie łączników lub przez zespawanie prętów. Łączenie zbrojenia podłużnego w przekroju poprzecznym wykonuje się schodkowo. W przekroju podłużnym nie może być łączonych więcej niż 1/3 prętów.

Zbrojenie należy układać po sprawdzeniu i odbiorze deskowań.

Nie należy podwieszać i mocować do zbrojenia deskowań, pomostów transportowych, urządzeń wytwórczych i montażowych.

Roboty mogą być wykonywane ręcznie lub mechanicznie. Roboty można wykonywać przy użyciu sprzętu przeznaczonego do tych robót. Do przygotowania zbrojenia w formie siatek zgrzewanych używa się zgrzewarek wielopunktowych, niekiedy jednopunktowych.

Przygotowanie prętów przy wykorzystaniu urządzeń takich jak:

- Prostownica do prętów,
- Nożyce do prętów,
- Giętarka do prętów.

Montaż zbrojenia z pojedynczych prętów powinien być dokonywany bezpośrednio w deskowaniu z zachowaniem osiowego rozstawu, usytuowania skrzyżowań prętów oraz zakotwień, wraz ze stabilizacją zapobiegającą ich przesunięciu w czasie betonowania. Montaż zbrojenia bezpośrednio w deskowaniu zaleca się wykonywać przed ustawieniem szalowania bocznego.

W nawierzchni o ciągłym zbrojeniu powstają spękania skurczowe w odległościach 3-5m. Nie są one jednak głębokie (ok. 25 mm) i nie doprowadzają do korozji prętów zbrojenia ciągłego.

W czasie wykonywania 20 m nawierzchni przystanku należy tak przygotować front robot, aby nie było przerwy technologicznej.

3.3 Warstwy konstrukcji

Dla rozpatrywanych wariantów nawierzchni na przystankach autobusowych przyjęto następujący układ warstw:

- 1) Beton nawierzchniowy.
- 2) Warstwa poślizgowa.
- 3) Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym.
- 4) Mieszanka niezwiązana zagęszczana mechanicznie.
- 5) Warstwa mrozoochronna.
- 6) Podłoże ulepszone do parametrów G1.

Wymagania materiałowe dla powyższych warstw będą kolejno omówione.

3.3.1 Beton nawierzchniowy

Warstwa nawierzchniowa została zaprojektowana z betonu cementowego jako nawierzchnia dyblowana, kotwiona i o zbrojeniu ciągłym.

Dla zabezpieczenia świeżego betonu przed skutkami szybkiego odparowania wody, zaleca się stosować pielęgnację powłokową jako metodę najbardziej skuteczną i najmniej pracochłonną. Preparat powierzchniowy należy natryskiwać możliwie szybko po zakończeniu wbudowywania mieszanki, lecz nie później niż 90 minut od zakończenia zagęszczania. Preparatem powłokowym należy również pokryć powierzchnie boczne.

W tabeli 3.3.1 zamieszczono wymagania dla cementów dla nawierzchni betonowych.

Kruszywo.

Do produkcji mieszanki betonowej należy stosować kruszywa naturalne pochodzenia mineralnego, które poza obróbką mechaniczną nie zostało poddane żadnej innej obróbce. Wymagania dla kruszyw podano zgodnie z normą PN-EN 12620.

Wymiary kruszyw należy określać za pomocą dwóch wymiarów sit wybranych z zestawu podstawowego, lub podstawowego plus zestaw 1 (zgodnie z Tab.nr 1 w/w normy). Do betonowych nawierzchni drogowych należy stosować ocenę zgodności kruszyw wg systemu 2+. Kruszywo powinno być składowane na powierzchni utwardzonej, każda frakcja w oddzielnym boksie (wykonanym z płyt betonowych), z tabliczką określającą uziarnienie.

Kruszywo musi być pozbawione zanieczyszczeń obcych jak: fragmenty tkanin, drobnych kawałków drewna, fragmentów plastików itp. Jeżeli stwierdzi się występowanie takich zanieczyszczeń, należy zdyskwalifikować takie kruszywo i dać polecenie Wykonawcy do natychmiastowego usunięcia z placu składowego, gdyż nie może być ono zastosowane do wytworzenia mieszanki betonowej.

Do produkcji betonu na nawierzchnię betonową powinny być zastosowane kruszywa o wymiarach jak niżej, gdzie D/d nie jest mniejsze niż 1,4, o uziarnieniu:

- dla nawierzchni jednowarstwowych i dwuwarstwowych z tej samej mieszanki:
 $D \leq 31,5\text{mm}$
- dla górnej warstwy nawierzchni z odkrytym kruszywem : 0/2, 2-8 mm.
- dla dolnej warstwy nawierzchni : $D \leq 31,5\text{mm}$.

Mieszanka mineralna powinna się składać z min. trzech frakcji kruszywa.

Woda

Zarówno do wytwarzania mieszanki betonowej jak i do pielęgnacji wykonanej nawierzchni betonowej należy stosować wodę spełniającą wymagania wody zarobowej do betonu wg PN-EN 1008. Nie dopuszcza się wody pochodzącej z recyklingu.

Tabela 3.3.1. Wymagania dla cementów

Lp.	Rodzaj nawierzchni	Rodzaj cementu	Wymagania normowe	Wymagania specjalne	Kategoria ruchu
1	2	3	4	5	6
1	Nawierzchnia betonowa z odkrytym kruszywem w górnej warstwie	cement portlandzki CEM I: 32,5 R lub N 42,5 R lub N	PN-EN 197-1	właściwa ilość wody wg PN-EN 196-3 $\leq 28,0\%$ wytrzymałość po 2 dniach wg PN-EN 196-1 $\leq 29,0$ MPa początek wiązania wg PN-EN 196-3 ≥ 120 minut zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 0,80$	KR5-KR7
		cement portlandzki żużłowy CEM II/A-S	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 0,80$	
		cement portlandzki żużłowy CEM II/B-S	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 0,90$	
2	Typowa nawierzchnia betonowa : - dolne warstwy nawierzchni; - nawierzchnie dwuwarstwowe z tej samej mieszanki; - nawierzchnie jednowarstwowe	cement portlandzki CEM I 32,5	PN-EN 197-1	właściwa ilość wody wg PN-EN 196-3 $\leq 28,0\%$ wytrzymałość po 2 dniach wg PN-EN 196-1 $\leq 29,0$ MPa stopień zmielenia wg PN-EN196-6 ≤ 3500 cm ² /g początek wiązania wg PN-EN 196-3 ≥ 120 minut zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 0,80$	KR1-KR7
		cement portlandzki CEM I 42,5	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 0,80$	KR1-KR7
		cement portlandzki żużłowy CEM II/A-S			KR1-KR7
		cement portlandzki wapienny CEM II/A-LL			KR1- KR3
		cement portlandzki popiołowy CEM II/A-V1	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 1,20$	KR1- KR3
		cement portlandzki żużłowy CEM II/B-S	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 0,90$	KR1- KR7
		cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/A-M (S-V) ¹⁾	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 1,20$	KR1- KR3
		cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/A-M (S-LL)	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 0,80$	KR1- KR4
		cement hutniczy CEM III/A ²⁾	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ wg PN-EN 196-2 $\leq 1,05$	KR1-KR4
¹⁾ jeśli nawierzchnia nie będzie poddawana działaniu środków odładzających; strata prażenia popiołu lotnego użytego do produkcji cementu nie więcej niż 5% (kategoria A wg PN-EN 450-1) ²⁾ min. klasa wytrzymałości cementu 42,5					

Domieszki i dodatki do betonu

Do napowietrzania mieszanki betonowej należy stosować domieszki napowietrzające, zgodne z normą PN-EN 934-2 i PN-EN 934-1.

Wykonywanie mieszanek betonowych z domieszkami napowietrzającymi oraz sposób oznaczania w nich zawartości powietrza, powinny być zgodne z PN-EN 12350-7. Należy pamiętać, że wytrzymałość końcowa betonu napowietrzonego ulegnie obniżeniu (ok. 10%) i fakt ten przy opracowaniu receptury należy uwzględnić.

Stosowanie innych domieszek powinno wynikać z potrzeb technologicznych, podyktowanych warunkami wbudowania mieszanki betonowej. Należą do nich:

- **domieszka uplastyczniająca** – efektywnie redukuje ilość wody niezbędnej do otrzymania określonej konsystencji w zakresie 5-12%. Tym samym stosowanie plastyfikatorów zwiększa konsystencję mieszanki betonowej przy stałym wskaźniku w/c. Obniżenie ilości wody i utrzymanie konsystencji pozwala na zwiększenie wytrzymałości betonu a także poprawia jego trwałość poprzez zwiększenie mrozoodporności, szczelności i obniżenie nasiąkliwości. W procesie produkcji mieszanki betonowej, plastyfikator należy wprowadzać w ilości 0,1-0,5 % w stosunku do masy cementu. Przy doborze domieszki należy uwzględnić jej zgodność z cementem. Badanie zgodności należy wykonać w laboratorium i sprawdzić na odcinku próbnym.

- **domieszki upłynniające** - efektywnie redukuje ilość wody zarobowej powyżej 12%. Superplastyfikatory zwiększają konsystencję mieszanki betonowej znacznie większym stopniu niż domieszki uplastyczniające. . Wprowadza się je po ok. 30-60 sekundach po uprzednim wymieszaniu pozostałych składników mieszanki betonowej, zwykle w ilości 1,0-2,0 % w stosunku do masy cementu. Niektóre rodzaje superplastyfikatorów charakteryzują się krótkim czasem działania 30-60 min. Aby wydłużyć efekt upłynnienia, można stosować dozowanie podczas produkcji mieszanki na wężle.

- **domieszki opóźniające** – wydłużają reakcje hydratacji. Są niezbędne w transporcie betonu na większą odległość w technologii betonowania ciągłego. Domieszki wprowadza się w trakcie produkcji betonu wraz z wodą zarobową.

Wszystkie domieszki (które mogą być zastosowane) , powinny zostać załączone do projektu recepty.

Nie należy stosować równocześnie więcej niż 3 rodzajów domieszek.

Do jednego betonu można użyć tylko jednej domieszki z danej grupy środków.

Domieszki mogą być dodawane po wykonaniu stosownych prób i uzyskaniu wymaganych parametrów betonu w badaniach laboratoryjnych.

W przypadku stosowania środka napowietrzającego w połączeniu ze środkiem upłynniającym można przyjąć wymagane zawartości powietrza jak dla mieszanki betonowej bez plastyfikatora, pod warunkiem uzyskania w mieszance wstępnej badanej zgodnie z PN-EN 480-11 wymagań określonych w Tabelicy 9.

3.3.2 Warstwa poślizgowa

Do zabezpieczenia podbudowy przed erozją stosujemy warstwę poślizgową.

Do jej wykonania mogą być wykorzystane następujące materiały:

- geowłóknina lub folia budowlana,
- pojedyncze powierzchniowe utwardzenie z podwójnym rozłożeniem kruszywa,
- trzecia warstwa z mieszanki mineralno-asfaltowej.

Na potrzeby nawierzchni na przystankach autobusowych na warstwę poślizgową wykorzystano geowłókninę.

Geowłókninę stosuje się pod dolną warstwą nawierzchni betonowej, za wyjątkiem odcinków, na których występuje nawierzchnia betonowa ze zbrojeniem ciągłym, pod którą powinna być wykonana warstwa przeciwoerozyjna z betonu asfaltowego.

Geowłóknina powinna być wykonana z poliolefinów (włókien polipropylenowych lub polietylenowych) jako geosyntetyk nietkany (non wovens), powinna odznaczać się odpornością na działanie alkaliów.

Tabela 3.3.2. Wymagania dla geowłókniny.

Właściwość	Jm.	Wymagania	Metoda badań
Gramatura	g/m ²	450-550	PN-EN ISO 9864
Wytrzymałość na rozciąganie - wzdłuż pasma - wszerz pasma	kN/m kN/m	≥ 20 ≥ 20	PN-EN ISO 10319
Grubość przy nacisku 20 kPa	mm	≥ 2	PN-EN ISO 9863-1
Wodoprzepuszczalność prostopadła do płaszczyzny geowłókniny, h = 50mm	l/m ² s	≥ 45	PN-EN ISO 11058
Zdolność przepływu wody w płaszczyźnie geowłókniny przy nacisku 20 kPa, przy spadku hydraulicznym i = 1	10 ⁻⁶ m ² /s	≥ 4,0	PN-EN ISO 12958

W celu zapobiegania pofałdowaniu geowłóknina powinna być przytwierdzona za pomocą kołków lub przyklejona np. emulsją asfaltową.

Emulsja

Do przyklejenia geowłókniny do podbudowy należy stosować emulsję kationową określoną w załączniku krajowym do normy PN-EN 13808 Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych.

W wymaganiach powinna być uwzględniona pH emulsji zgodnie z normą PN-EN 12850 przy podbudowach ze spoiwem hydraulicznym.

Emulsja powinna :

- być oznakowana znakiem CE
- posiadać deklarację zgodności z dokumentami odniesienia
- posiadać certyfikat Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP) wydany przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą.

Za Zgodą inspektora nadzoru zamiennie można zastosować folię budowlaną.

3.3.3 Mieszanka wmacniana spoiwem hydraulicznym.

Do wykonania tej warstwy można zastosować następujące rodzaje kruszywa:

- kruszywo naturalne lub sztuczne
- kruszywo z recyklingu
- połączeni a) i b)

Wymagania wobec kruszywa do mieszanek związanych cementem przedstawiono poniżej w oparciu o PN-EN 13242

Rozdział w PN-EN 13242: 2004	Właściwość	Deklarowane kategorie lub wartości
		w odniesieniu do zastosowania kruszywa do warstwy
		związanej warstwy podbudowy pomocniczej i podłoża ulepszanego
		KR1-KR6
4.1-4.2	Zestaw sit #	1; 2; 4; 5,6; 8; 11,2; 16; 22,4; 31,5; 45; 63; 90 Wszystkie frakcje dozwolone
4.3.1.	Uziarnienie wg. PN-EN 933-1	G _C 80/20 G _F 80 G _A 75
4.3.2.	Ogólne granice i tolerancje uziarnienia kruszywa grubego na sitach pośrednich wg. PN-EN 933-1	GT _C NR
4.3.3.	Tolerancje typowego uziarnienia kruszywa drobnego i kruszywa o ciągłym uziarnieniu wg PN-EN 933-1	GT _F NR GT _A NR

4.4.	Kształt kruszywa grubego	
	a) maksymalne wartości wskaźnika płaskości wg. PN-EN 933-3 *)	$F_{Deklarowana}$
	b) maksymalne wartości wskaźnika kształtu wg. PN-EN 933-4 *)	$S_{Deklarowana}$
4.5.]	Kategorie procentowych zawartości ziaren o powierzchni przekruszonej lub łamanych oraz ziaren całkowicie zaokrąglonych w kruszywie grubym wg PN-EN 933-5	C_{NR}
4.6.	Zawartość pyłów wg. PN-EN 933-1	
	a) w kruszywie grubym**)	$f_{Deklarowana}$
	b) w kruszywie drobnym**)	$f_{Deklarowana}$
4.7.	Jakość pyłów	brak wymagań
5.2.	Odporność na rozdrabnianie kruszywa grubego wg. PN-EN 1097-2	LA_{50}
5.3.	Odporność na ścieranie wg. PN-EN 1097-1	$M_{DE}NR$
5.4.	Gęstość wg. PN-EN 1097-6:2001 rozdział 7,8 albo 9	Deklarowana
5.5.	Nasiąkliwość wg. PN-EN 1097-6:2001, rozdział 7,8 albo 9 (w zależności od frakcji)	Deklarowana
6.2.	Siarczany rozpuszczalne w kwasie wg PN-EN 1744-1	Kruszywo kam. AS0,2
		Żużel kawałkowy wielkopiecowy AS1,0
6.3.	Całkowita zawartość siarki wg PN-EN 1744-1	Kruszywo kam. SNR
		Żużel kawałkowy wielkopiecowy S2
6.4.1.	Składniki wpływające na szybkość wiązania i twardnienia mieszanek związanych hydraulicznie	deklarowana
6.4.2.1.	Stalność objętości żużla stalowniczego wg PN-EN 1744-1:1998, rozdział 19.3	V_5
6.4.2.2.	Rozpad krzemianowy w żużlu wielkopiecowym kawałkowym wg. PN-EN 1744-1:1998, p.19.1	brak rozpadu
6.4.2.2.	Rozpad żelazawy w żużlu wielkopiecowym kawałkowym wg. PN-EN 1744-1:1998, p.19.2	brak rozpadu
6.4.3.	Składniki rozpuszczalne w wodzie wg. PN-EN 1744-3	Brak substancji szkodliwych w stosunku do środowiska wg. odrębnych przepisów
6.4.4.	Zanieczyszczenia	Brak ciał obcych takich jak drewno, szkło i plastik, mogących pogorszyć wyrób końcowy
7.2.	Zgorzel słoneczna bazaltu wg. PN-EN 1367-3, wg. PN-EN 1097-2	SB_{LA}
	Nasiąkliwość wg. PN-EN 1097-6:2001, rozdział 7 (Jeżeli kruszywo nie spełni warunku $WA_{24,2}$, to należy zbadać jego mrozoodporność)	$WA_{24,2}$
7.3.3.	Mrozoodporność na frakcji kruszywa 8/16 wg PN-EN 1367-1	skały magmowe i przeobrażone: F4
		skały osadowe: F10
		kruszywa z recyklingu: F10 (F25**)
Załącznik C	Skład mineralogiczny	deklarowany
Załącznik C podrozdział C.3.4.	Istotne cechy środowiskowe	Większość substancji niebezpiecznych określonych w dyrektywie Rady 76/769/EWG zazwyczaj nie występuję w źródłach kruszywa pochodzenia mineralnego. Jednak w odniesieniu do kruszyw sztucznych i odpardowych należy badać czy zawartość substancji niebezpiecznych nie przekracza wartości dopuszczalnych wg. odrębnych przepisów
*) Badaniem wzorcowym oznaczenia kształtu kruszywa grubego jest badanie wskaźnika płaskości		
**) Łączna zawartość pyłów w mieszance powinna mieścić się w wybranych krzywych granicznych		
***) Pod warunkiem, gdy zawartość w mieszance nie przekracza 50% m/m		

Cement

Jako spoiwo stosuje się cement wg. PN-EN 197-1. Cement używany do stabilizacji powinien być sypki. Należy używać cementu luzem przechowywanego wyłącznie w silosach nie dłużej niż 3 miesiące.

Każda dostawa cementu winna posiadać atest producenta Wykonawca ma obowiązek badania dla każdej dostawy czasów wiązania, stałości objętości i 28-dniowej wytrzymałości cementu. W przypadku stosowania cementu marki 35 dopuszcza się ocenę wytrzymałości na podstawie badania wytrzymałości 3-dniowej.

Woda

Woda do stabilizacji gruntu powinna być czysta, bez zawartości szkodliwych dodatków odpowiadająca wymaganiom normy PN-EN 1008. Bez badań laboratoryjnych można stosować wodociągową wodę pitną.

Dodatki ulepszające

Zastosowanie wielkopiecowego mielonego żużla granulowanego jest możliwe pod warunkiem, że odpowiada on wymaganiom europejskiej lub krajowej aprobaty technicznej. Domieszki powinny być zgodne z PN-EN 934-2

Mieszkankę cementowo-kruszywową należy wytwarzać w mieszarkach stacjonarnych zapewniających wagowe dozowanie kruszyw i cementu oraz objętościowe wody w odpowiednich proporcjach oraz jednorodne wymieszanie.

Do wytwarzania mieszanki należy stosować wytwórnie mieszanki betonowej typu cyklicznego lub typu ciągłego.

Mieszarka powinna być wyposażona w urządzenia do wagowego dozowania kruszywa i cementu oraz objętościowego wody, gwarantujące następujące tolerancje dozowania

(w stosunku do masy suchej mieszanki):

- grunt 3%
- cement 0,5%
- woda 2% w stosunku do wilgotności optymalnej

Czas mieszania w mieszarkach cyklicznych nie powinien być krótszy od 1 minuty.

Wydajność sprzętu powinna być taka, aby zapewnić zachowanie warunków technologicznych dotyczących czasu mieszania i zagęszczania.

Zagęszczanie warstwy o jednostronnym spadku poprzecznym powinno rozpocząć się od niżej położonej krawędzi i przesuwac się pasami podłużnymi w stronę wyżej położonej krawędzi. Pojawiające się w czasie zagęszczania zaniżenia, ubytki, rozwarstwienia i podobne wady powinny być natychmiast naprawione przez wymianę mieszanki na pełną głębokość, wyrównanie i ponowne zagęszczenie.

Zagęszczenie powinno być ukończone przed upływem dwóch godzin od chwili dodania wody do mieszanki. Przerwy w zagęszczaniu nie powinny być dłuższe niż 30 minut.

Zagęszczanie należy kontynuować do osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia nie mniejszego od 1,00 według normalnej próby Proctora.

Należy unikać podłużnych spoin roboczych poprzez wykonanie warstwy na całej szerokości. Poprzeczne spoiny robocze na połączeniu działek roboczych należy wyrównać przez pionowe obciążenie krawędzi po skończeniu zagęszczania.

Pielęgnacja warstwy mieszanki związanej cementem

O ile w czasie 2 godzin po zagęszczeniu warstwa nie zostanie przykryta następną warstwą to powinna być ona natychmiast poddana pielęgnacji według jednego z następujących sposobów:

- a) skropienie warstwy emulsją asfaltową, asfaltem D200 lub D300 w ilości 0,5 - 1,0 kg/m²
- b) skropienie specjalnymi preparatami powłokotwórczymi posiadającymi świadectwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie drogowym, w ilości do 0,5 kg/m², po uprzednim zaakceptowaniu ich przez Inżyniera
- c) utrzymywanie w stanie wilgotnym poprzez kilkakrotne skrapianie wodą w ciągu dnia, w czasie co najmniej 3 dni, lub 7 dni w czasie suchej i wietrznej pogody
- d) przykrycie na okres 7 dni nieprzepuszczalną folią, grubą włókniną techniczną lub warstwą piasku w celu utrzymania warstwy w stanie wilgotnym.

Nie należy dopuszczać żadnego ruchu pojazdów i maszyn po wykonanej warstwie w okresie 7 dni po wykonaniu. Po tym czasie ruch technologiczny może odbywać się za zgodą inspektora nadzoru.

3.3.4 Mieszanka niezwiązana zagęszczana mechanicznie

Jako podbudowę pomocniczą zaprojektowano warstwę z mieszanki mineralnej zagęszczanej mechanicznie o wskaźniku nośności CBR > 60.

Kruszywami stosowanymi do mieszanek niezwiązanych są kruszywa naturalne, sztuczne i z recyklingu, które spełniają wymagania normy PN-EN 12522.

Kruszywa pochodzące z różnych źródeł (naturalne, sztuczne oraz z recyklingu) mają spełnić wymagania w całej mieszance.

Należy określić procentowy udział składników w stosunku do całkowitej masy mieszanki w stanie suchym oraz uziarnienie i gęstość objętościową. Proporcję należy określić laboratoryjnie. Ilość wody określona na podstawie badania laboratoryjnego powinna zapewnić właściwe zagęszczenie i uzyskanie oczekiwanych cech mechanicznych mieszanki.

Woda do produkcji mieszanek i ewentualnie do pielęgnacji wykonanej warstwy powinna być zgodna z PN-EN 1008. Bez badań laboratoryjnych można stosować wodociągową wodę pitną. Kruszywo należy doprowadzić do wilgotności optymalnej przy użyciu wody nie zawierającej składników wpływających szkodliwie na mieszankę niezwiązaną.

W przypadku zastosowania kruszyw sztucznych, kruszyw z recyklingu i kruszyw z odpadów wydobywczych do produkcji mieszanek niezwiązanych, badania fizyko-mechaniczne należy wykonywać po 5-krotnym rozdrobnieniu w aparacie Proctora wg PN-EN 12522-2.

Mieszanki kruszywa

Mieszanki kruszywa powinny być tak produkowane i składowane, aby miały jednakowe właściwości. Wyprodukowane mieszanki kruszywa powinny być jednorodnie wymieszane i charakteryzować się równomierną wilgotnością w trakcie zagęszczania.

Zawartość wody w mieszance kruszywa w trakcie wbudowywania i zagęszczania, określona według PN-EN 13286-2.

Do podbudowy pomocniczej powinny być stosowane następujące mieszanki niezwiązane:

0/31,5; 0/45; 0/63.

Wytwarzanie mieszanki i składowanie

Dla kategorii dróg KR1÷KR4 mieszankę należy wykonywać bezpośrednio u producenta lub na budowie przy udziale mieszalnika. Składowanie mieszanki powinno odbywać się w sposób eliminujący segregację przy wbudowywaniu.

Dla kategorii dróg KR5÷KR7 niezbędne jest wykonywanie mieszanki na budowie przy użyciu mieszalnika z optymalnym dozowaniem wody tak aby utrzymać zawartość wody w mieszance wbudowywanej, [% (m/m)] w granicach określonych w normie PN-EN 13286-2.

Z uwagi na możliwość segregacji mieszanek 0/31mm, 0/45mm, 0/63mm sugeruje się składowanie tychże mieszanek w hałdach nie wyższych niż 5m wysokości, a przy załadunku przed dowozem na budowę ponowne przemieszanie ładowarką lub wykonanie innych zabiegów uniemożliwiających jej rozsegregowanie.

W przypadku składników przeznaczonych do komponowania mieszanki w mieszalniku nie ogranicza się wysokości przy składowaniu.

Mieszanka kruszywa dla warstwy z mieszanki niezwiązanej winna być rozkładana za pomocą urządzeń uniemożliwiających segregację.

Warstwa z mieszanki kruszywa niezwiązanego nie może być wykonywana wtedy, gdy podłoże jest zamrożone. Nie należy rozpoczynać wbudowywania mieszanki z kruszywa niezwiązanego, jeżeli prognozy meteorologiczne wskazują na możliwy spadek temperatury poniżej 0°C w czasie układania.

Układanie mieszanki niezwiązanej

Mieszanka niezwiązana przed zagęszczaniem powinna być nawilżona optymalnie w całym przekroju.

Grubość zagęszczanej warstwy z mieszanki niezwiązanej nie może być większa niż 20cm. Jeżeli nawierzchnia składać się będzie z kilku warstw to każda warstwa musi odpowiadać wymaganiom i powinna być wyprofilowana i zagęszczona zgodnie z dokumentacją.

Wszelkie odstępstwa od podanych powyższych wymagań podlegają uzgodnieniu z inżynierem.

Zagęszczanie

Zagęszczanie warstwy z mieszanki kruszywa należy prowadzić przy użyciu sprzętu gwarantującego uzyskanie wymaganych parametrów projektowych.

Kontrolę zagęszczenia i nośności warstwy z mieszanki niezwiązanej należy oprzeć na metodzie obciążeń płytowych.

Dla kontroli modułów E i wskaźnika odkształcenia I_0 warstwy z mieszanki niezwiązanej należy stosować metodę obciążeń płytowych wg załącznika B do normy PN-S-02205 (w zakresie przyrostu obciążenia jednostkowego od 0,25 MPa do 0,35MPa, maksymalne obciążenie przy oznaczaniu E_1 do 0,45MPa) albo inne metody zaakceptowane przez inżyniera.

Do obliczenia modułów E należy stosować następujący wzór:

$$E_{1,2} = \frac{3 \times \Delta p}{4 \times \Delta s} \times D$$

Δp – różnica nacisków z zakresu 0.25 – 0.35 [MPa]

Δs – przyrost osiadania odpowiadający Δp [mm]

D – średnica płyty [mm].

3.3.5 Warstwa mrozochronna

Warstwa mrozochronna nie powinna być wrażliwa na mróz. Natomiast wodoprzepuszczalność jest wymagana, jeżeli warstwa mrozochronna pełni jednocześnie funkcję warstwy odsączającej.

W wypadku, gdy podbudowa może być narażona na działanie wody gruntowej, należy zapewnić odwodnienie konstrukcji nawierzchni np. przez zastosowanie warstwy odsączającej. Warstwa ta powinna być wykonana z mieszanki odpornej na działanie mrozu, która po zagęszczeniu do wymaganego wskaźnika zagęszczenia $I_s = 1,00$ powinna charakteryzować się współczynnikiem filtracji $k_{10} > 8\text{m/dobę}$ ($0,0093\text{cm/s}$). W przypadku warstwy mrozochronnej, mieszanka winna charakteryzować się współczynnikiem filtracji $k_{10} > 5\text{m/dobę}$ ($0,0058\text{cm/s}$).

Mieszanki niezwiązane przeznaczone do wykonania warstwy mrozochronnej ułożonej bezpośrednio na podłożu gruntowym powinny spełniać wymagania dotyczące nieprzenikania cząstek między warstwą mrozochronną a podłożem gruntowym, zgodnie z zależnością:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \quad (1)$$

Jeżeli warunek (1) nie jest spełniony, wówczas na podłożu gruntowym należy ułożyć warstwę odcinającą, zapewniającą spełnienie tego warunku, albo odpowiednio dobraną geowłókniną lub geotkaniną. Ochronne właściwości geowłókniny lub geotkaniny przeciw przenikaniu drobnych ziaren gruntu podłoża, wyznacza się z warunku:

$$\frac{d_{50}}{O_{90}} \geq 1,2 \quad (2)$$

Masa powierzchniowa geowłókniny lub geotkaniny powinna być nie mniejsza niż 200 g/m^2 .

Mieszanka mineralna do warstwy mrozochronnej powinna spełniać wymagania określone w normie PN-EN 13285.

3.3.6 Warstwa ulepszanego podłoża

Warstwa ulepszanego podłoża została zaprojektowana jako podłoże gruntowe stabilizowane spoiwem hydraulicznym (wapnem). Warstwa ulepszanego podłoża powinna spełniać wymagania określone w normie PN-EN 14277-15.

Wymagania wobec mieszanek zostały podane w tablicy nr 3.3.6

Tablica 3.3.6 Wymagania wobec mieszanek związanych cementem do warstwy ulepszanego podłoża i warstwy podbudowy pomocniczej

L.p.	Właściwość	Wymagania					
		warstwa ulepszanego podłoża			warstwa podbudowy pomocniczej		
		KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR6	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR6
1	<u>Składniki</u>						
1.1.	Cement	wg. PN-EN 197-1			wg. PN-EN 197-1		
1.2.	Kruszywo	tablica nr 1			tablica nr 1		
1.3.	Woda zarobowa	wg. PN-EN 1008			wg. PN-EN 1008		
1.4.	Dodatki	wg. pkt. 2.4. (WT-5)			wg. pkt. 2.4. (WT-5)		
2	<u>Mieszanka</u>						
2.1.	Uziarnienie:	krzywe graniczne WT-5 2010			krzywe graniczne WT-5 2010		
-	mieszanka CBGM 0/8mm	rys.1.5.	-	-	rys.1.5.	-	-
-	mieszanka CBGM 0/11,2mm	rys.1.4.	rys.1.4.	rys.1.4.	rys.1.4.	rys.1.4.	rys.1.4.
-	mieszanka CBGM 0/16mm	rys.1.3.	rys.1.3.	rys.1.3.	rys.1.3.	rys.1.3.	rys.1.3.
-	mieszanka CBGM 0/22,4mm	rys.1.2.	rys.1.2.	rys.1.2.	rys.1.2.	rys.1.2.	rys.1.2.
-	mieszanka CBGM 0/31,5mm	rys.1.1.	rys.1.1.	rys.1.1.	rys.1.1.	rys.1.1.	rys.1.1.
2.2.	Minimalna zawartość cementu	wg. tablicy 4			wg. tablicy 4		
2.3.	Zawartość wody	na podstawie PN-EN 13286-2			na podstawie PN-EN 13286-2		
2.4.	Wytrzymałość na ściskanie (system I) - klasa wytrzymałości Rc wg tablicy.3	klasa C1,5/2,0			klasa C1,5/2,0	klasa C3/4	klasa C5/6
					(nie więcej niż 4,0MPa)	(nie więcej niż 6,0MPa)	(nie więcej niż 10,0MPa)
		badanie wg. PN-EN 13286-41 po 28 dniach pielęgnacji			badanie wg. PN-EN 13286-41 po 28 dniach pielęgnacji		
2.5.	Mrozoodporność				≥0,6	≥0,6	≥0,6

Cement

Jako spoiwo stosuje się cement wg. PN-EN 197-1. Cement używany do stabilizacji powinien być sypki. Należy używać cementu luzem przechowywanego wyłącznie w silosach nie dłużej niż 3 miesiące.

Każda dostawa cementu winna posiadać atest producenta. Wykonawca ma obowiązek badania dla każdej dostawy czasów wiązania, stałości objętości i 28-dniowej wytrzymałości cementu. W przypadku stosowania cementu marki 35 dopuszcza się ocenę wytrzymałości na podstawie badania wytrzymałości 3-dniowej.

Woda

Woda do stabilizacji gruntu powinna być czysta, bez zawartości szkodliwych dodatków odpowiadająca wymaganiom normy PN-EN 1008. Bez badań laboratoryjnych można stosować wodociągową wodę pitną.

Dodatki ulepszające

Zastosowanie wielkopieczowego mielonego żużla granulowanego jest możliwe pod warunkiem, że odpowiada on wymaganiom europejskiej lub krajowej aprobaty technicznej. Domieszki powinny być zgodne z PN-EN 934-2

Warstwę mieszanki stabilizowanej cementem grubości 25 cm należy wykonać w jednej warstwie stosując technologię mieszania w mieszarkach stacjonarnych, o ile uzyska się wymagane zagęszczenie potwierdzone na odcinku próbnym.

Warstwa mieszanki nie może być wykonywana przy temperaturze poniżej 2C oraz podczas opadów deszczu.

Nie należy rozpoczynać stabilizacji, gdy prognoza pogody przewiduje spadek temperatury poniżej 2C w czasie najbliższych 7 dni.

Wytwarzanie i rozkładanie mieszanki

Do wytwarzania mieszanki należy stosować wytwórnie mieszanki betonowej typu cyklicznego lub typu ciągłego.

Mieszarka powinna być wyposażona w urządzenia do wagowego dozowania kruszywa i cementu oraz objętościowego wody, gwarantujące następujące tolerancje dozowania (w stosunku do masy suchej mieszanki):

- grunt 3%
- cement 0,5%
- woda 2% w stosunku do wilgotności optymalnej

Czas mieszania w mieszarkach cyklicznych nie powinien być krótszy od 1 minuty.

W mieszarkach typu ciągłego prędkość podawania materiałów powinna być ustalona i na bieżąco kontrolowana w taki sposób, aby zapewnić jednorodność mieszanki.

Przed ułożeniem mieszanki należy ustawić prowadnice. Mieszankę układać przy pomocy układarek lub równiarek. Grubość układania mieszanki powinna być taka, aby zapewnić uzyskanie wymaganej grubości warstwy po zagęszczeniu.

Przed zagęszczeniem warstwa powinna być wyprofilowana do wymaganych rzędnych, spadków podłużnych i poprzecznych.

Zagęszczanie

Zagęszczanie warstwy o jednostronnym spadku poprzecznym powinno rozpocząć się od niższej położonej krawędzi i przesuwac się pasami podłużnymi w stronę wyżej położonej krawędzi. Pojawiające się w czasie zagęszczania zaniżenia, ubytki, rozwarstwienia i podobne wady powinny być natychmiast naprawione przez wymianę mieszanki na pełną głębokość, wyrównanie i ponowne zagęszczenie.

Zagęszczenie powinno być ukończone przed upływem dwóch godzin od chwili dodania wody do mieszanki. Przerwy w zagęszczaniu nie powinny być dłuższe niż 30 minut. Zagęszczanie należy kontynuować do osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia nie mniejszego od 1,00 według normalnej próby Proctora. Należy unikać podłużnych spoin roboczych poprzez wykonanie warstwy na całej szerokości. Poprzeczne spoiny robocze na połączeniu działek roboczych należy wyrównać przez pionowe obcięcie krawędzi po skończeniu zagęszczania.

Pielęgnacja warstwy mieszanki związanej cementem

O ile w czasie 2 godzin po zagęszczeniu warstwa nie zostanie przykryta następną warstwą to powinna być ona natychmiast poddana pielęgnacji według jednego z następujących sposobów:

- a) skropienie warstwy emulsją asfaltową, asfaltem D200 lub D300 w ilości 0,5 - 1,0 kg/m²
- b) skropienie specjalnymi preparatami powłokotwórczymi posiadającymi świadectwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie drogowym, w ilości do 0,5 kg/m², po uprzednim zaakceptowaniu ich przez Inżyniera
- c) utrzymywanie w stanie wilgotnym poprzez kilkakrotne skrapianie wodą w ciągu dnia, w czasie co najmniej 3 dni, lub 7 dni w czasie suchej i wietrznej pogody
- d) przykrycie na okres 7 dni nieprzepuszczalną folią, grubą włókniną techniczną lub warstwą piasku w celu utrzymania warstwy w stanie wilgotnym.

Nie należy dopuszczać żadnego ruchu pojazdów i maszyn po wykonanej warstwie w okresie 7 dni po wykonaniu. Po tym czasie ruch technologiczny może odbywać się za zgodą inspektora nadzoru.

3.3.7 Masa zalewowa

Masa zalewowa to specjalny materiał asfaltowo-polimerowy lub silikonowy służący do wypełniania szczelin, który po wypełnieniu zachowuje pełną szczelność i elastyczność oraz nie ulega oderwaniu od ścianek szczeliny lub rozerwaniu w najniższych temperaturach osiąganych przez uszczelnioną powierzchnię betonową w okresie zimowym.

Masa do zalewania szczelin w nawierzchni musi spełniać wymagania norm PN-EN 14188-1, PN-EN 14188-2. Wbudowywana jest na gorąco lub na zimno. Masy te powinny charakteryzować się dobrą spływnością i stabilnością w wysokich temperaturach, dobrą przyczepnością do zagruntowanych ścianek szczeliny, elastycznością w niskich temperaturach, odpornością na działanie środków odladzających oraz odpornością na działanie paliw i olejów samochodowych.

Masa zalewowa powinna mieć cechy zgodne z poniższymi wskazaniami:

Lp.	Właściwość	Wymagania
1	zdolność wypełniania szczelin (na całej wysokości)	b. dobra
2	temperatura mięknięcia PiK	$\geq 85^{\circ}\text{C}$
3	sedymentacja w temperaturze wypełniania	$< 1\%$ wag.
4	spływność w temperaturze 60°C po 5 godzinach	$\leq 5\text{ mm}$
5	odporność na działanie wysokiej temperatury (przyrost temperatury mięknięcia PiK)	$\leq 10^{\circ}\text{C}$
6	zmiany masy po wygrzewaniu w temperaturze $165^{\circ}\text{C}/5\text{ godz.}$	$\leq 1\%$ wag.
7	odporność na uderzenia w niskich temperaturach wg badania próbek uformowanych w kule, oziębionych do temperatury -20°C i opuszczonych z wysokości 250 cm	3 spośród badanych 4 kul nie powinny wykazywać śladów uszkodzeń
8	penetracja (stożkiem) w temperaturze $+25^{\circ}\text{C}$	$\leq 130\text{ j.Pen.}$
9	wydłużenie względne w temperaturze -20°C	$\geq 15\%$

Poszczególne partie i rodzaje masy zalewowej powinny być składowane w zadaszonych pomieszczeniach oddzielnie w pojemnikach

Do uszczelniania szczelin „na gorąco” należy stosować masy zalewowe - asfaltowe z dodatkiem wypełniaczy i odpowiednich polimerów termoplastycznych lub silikonów, posiadające bardzo dobrą zdolność wypełniania szczelin. Przed wbudowaniem powinny rozgrzane do stanu płynnego, który jest osiągany w temperaturze od 150 do 180°C.

Masa zalewowa powinna być pakowana w oryginalne opakowania producenta, np. pudełka tekturowe, zabezpieczone przed przywieraniem masy zalewowej do tektury. Na każdym opakowaniu powinna być umieszczona etykieta zawierająca następujące dane:

- nazwę wyrobu,
- nazwę i adres producenta,
- datę produkcji, numer partii materiału i okres przydatności do stosowania,
- masę netto,
- opis sposobu przechowywania i stosowania materiału, zachowania niezbędnych środków ostrożności, wymagania bhp i ochrony środowiska,
- numer aprobaty technicznej.

Masę zalewową można przewozić dowolnymi środkami transportu, chroniąc opakowania przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Zalewanie szczelin odbywa się sprzętem mechanicznym lub ręcznie po rozgrzaniu masy zalewowej do temperatury roboczej zalecanej przez producenta. Masę wprowadza się w szczelinę grawitacyjnie lub pod ciśnieniem przy pomocy węża z odpowiednią końcówką. Normalnie szczeliny zalewa się jednorazowo. W przypadku większych szerokości szczeliny lub na pochyłych powierzchniach, można wykonywać zalewanie w dwóch warstwach. Powierzchnia masy po pierwszym zalaniu nie może być zanieczyszczona.

Głębokość wypełnienia szczeliny masą zalewową powinna być zgodna z dokumentacją projektową (zwykle od 15 do 30 mm). Masa w szczelinie powinna tworzyć menisk wklęsły 3 do 5 mm, aby umożliwić wyciskanie masy, w porze gorącego lata. Masa powinna mieć bardzo dobrą adhezję do ścianek szczeliny, a prawie zerową do dna szczeliny. Przy małych zakresach robót i w miejscach trudnodostępnych, masę można wbudować ręcznie przy zastosowaniu odpowiedniego pojemnika (np. konewki), zakończonego wyprofilowaną stosownie do szerokości szczeliny wylewką. Przed przystąpieniem do wypełniania szczeliny zaleca się zabezpieczyć powierzchnię wzdłuż szczelin przed

zabrudzeniem, np. przez naklejenie na niej taśmy samoprzylepnej wzdłuż krawędzi szczeliny.

Ewentualny nadmiar masy lub powstałe zabrudzenia należy usunąć z nawierzchni przy pomocy szpachli lub innych narzędzi.

Doświadczenia eksploatacyjne wskazują, że masy zalewowe zachowują trwałość do 6 lat (w zależności od wielkości ruchu samochodowego). Po tym okresie należy ocenić jakość masy zalewowej i ewentualnie ją wymienić.

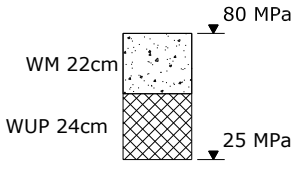

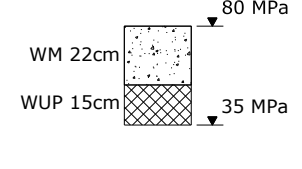
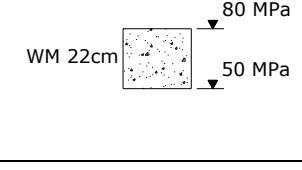


4. Konstrukcja nawierzchni betonowej

4.1 Wzmocnienie podłoża gruntowego do nośności G1

Wzmocnienie podłoża do nośności G1 przeprowadzono zgodnie z Katalogiem Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych (KTKNS) oraz na podstawie obliczeń z wykorzystaniem modelu półprzestrzeni sprężystej. W obliczeniach założono, że dla podłoża G1 wymagany wtórny moduł odkształcenia musi wynosić 80 MPa.

Sposoby wzmocnienia gruntu zestawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Sposoby wzmocnienia gruntu do nośności G1.

		Schemat wzmocnienia	LEGENDA:
Grupa nośności podłoża	G4		WM – warstwa mrozoochronna WUP – warstwa ulepszonego podłoża  – wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2
	G3		
	G2		
		 Warstwa mrozoochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym  Warstwa ulepszonego podłoża z mieszanki niezwiązanej o CBR >20%	

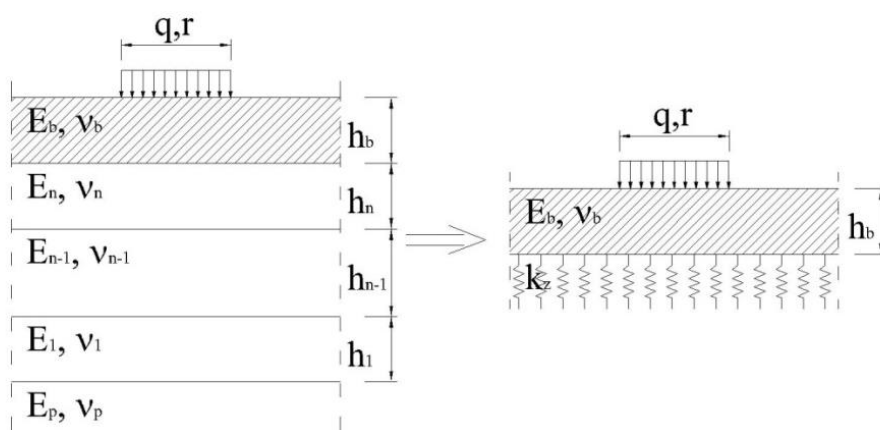
4.2 Obliczenia grubości konstrukcji nawierzchni betonowej peronu

Jako obciążenie obliczeniowe przyjęto oś pojedynczą o nacisku 115 kN. Naprężenia i odkształcenia w nawierzchni drogowej obliczone zostały przy obciążeniu kołem pojedynczym o nacisku 57,5 kN i ciśnieniu kontaktowym 720 kPa.

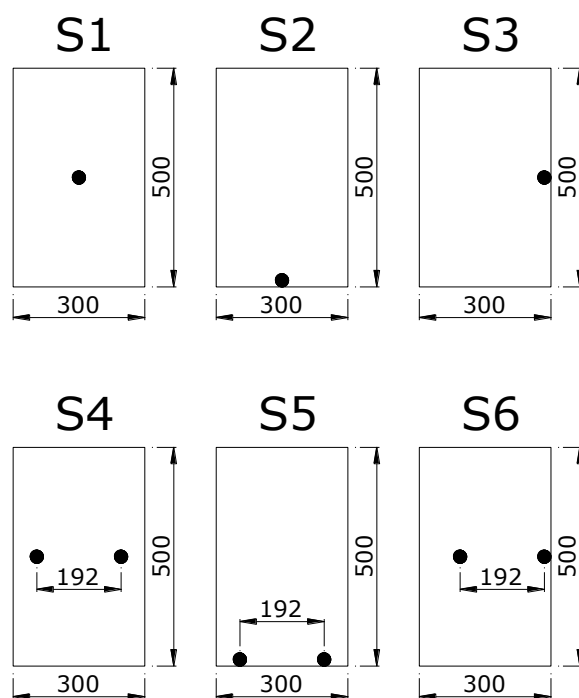
Obciążenie od temperatury zostało obliczone dla różnicy temperatur pomiędzy powierzchnią górną i dolną płyty wynoszącą 10°C.

Naprężenia w płycie betonowej zostały obliczone przy wykorzystaniu metody elementów skończonych, po jej wcześniejszym skalibrowaniu. W celu weryfikacji metody elementów skończonych, porównano uzyskane z obliczeń wyniki z wynikami metody analitycznej opartej na równaniach Westergaarda oraz metodzie wielowarstwowej półprzestrzeni sprężystej. Przy podziale płyty betonowej na czterowarstwowe elementy skończone o wymiarach 5 cm x 5 cm uzyskano 100% zbieżności z wynikami otrzymanymi w metodzie Westergaarda oraz w metodzie wielowarstwowej półprzestrzeni sprężystej.

Do dalszych obliczeń przyjęto model płyty betonowej spoczywającej na podbudowie wielowarstwowej, scharakteryzowanej poprzez zastępczy współczynnik sprężystości podłoża. Model obliczeniowy został przedstawiony na rys. 4.1. Zastępczy współczynnik sprężystości podłoża dla układu wielowarstwowego został wyznaczony za pomocą programu BISAR na podstawie analizy czaszy ugięcia nawierzchni. Naprężenia w płycie betonowej od obciążenia zewnętrznego zostały obliczone z wykorzystaniem metody elementów skończonych. W analizie uwzględniono obciążenie pojedynczym kołem oraz osią obliczeniową z rozstawem kół 192cm. Schemat obciążenia został przedstawiony na rys. 4.2. Obciążenie termiczne zostało obliczone według metody Westergaarda z wzoru (1).



Rys. 4.1. Model obliczeniowy nawierzchni betonowej



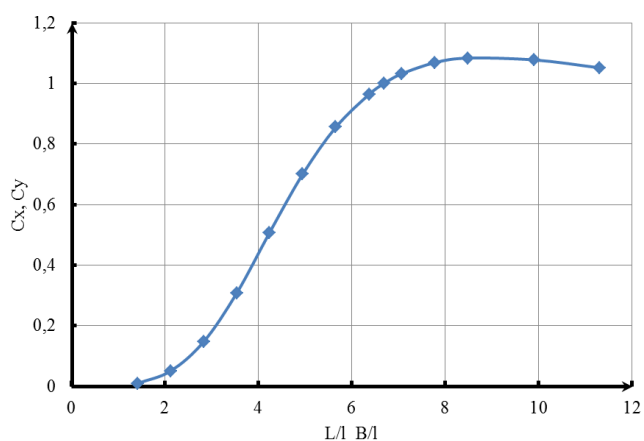
Rys. 4.2. Schematy obciążenia nawierzchni

$$\sigma_{tk(x,y)} = \frac{C_{x,y} E \alpha_t \Delta t h}{2} \quad (1)$$

gdzie:

- h – grubość płyty betonowej,
- C_x, C_y – współczynniki zależne od wymiarów płyty,
- E – moduł sprężystości betonu,
- Δt – gradient temperatury w płycie betonowej,
- α_t – współczynnik rozszerzalności liniowej betonu,
- ν – współczynnik Poissona betonu.

Współczynniki C_x i C_y wyznaczono w zależności od stosunku wymiarów płyty do promienia względnej sztywności płyty. Zależność ta została przedstawiona na rys 4.3.



Rys. 4.3. Zależność współczynnika C_x i C_y

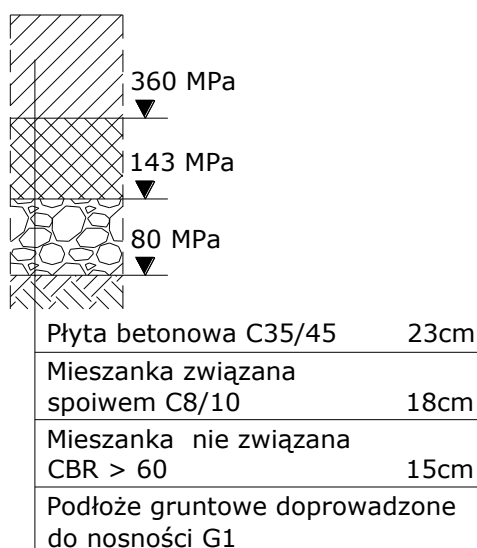
Stałe materiałowe przyjęto zgodnie z KTKNS

Tabela 4.2. Stałe materiałowe

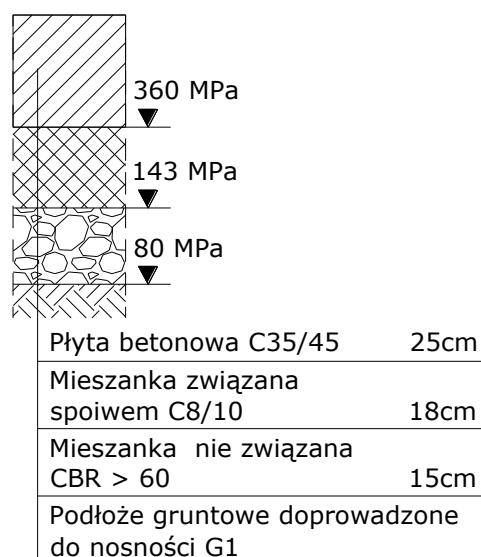
Rodzaj materiału	Moduł sprężystości [MPa]	Wsp. Poissona
Beton cementowy C35/45 obc. termiczne	35000 26000	0,16 0,20
Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej CBR > 80	400	0,30
Podbudowa zasadnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C _{8/10}	3000	0,30
Mieszanka niezwiązana - Pospółka	200	0,30
Grunt stabilizowany wapnem Rc=0,5	150	0,30
Podłoże G1	80	0,35
Podłoże G2	50	0,35
Podłoże G3	35	0,35
Podłoże G4	25	0,35

W przypadku podłoża gruntowego o nośności od G2 do G4 zaprojektowano warstwy wzmacniające zgodnie z KTKNS tak aby uzyskać na spodzie warstwy podbudowy pomocniczej moduł zastępczy min. 80 MPa, co zostało przedstawione w tabeli 4.1. Zestawienie warstw konstrukcji nawierzchni dla analizowanych wariantów przedstawiono na rys 4.4. Wyniki uzyskanych naprężeń dla poszczególnych wariantów przedstawiono na rys 4.5 dla kategorii ruchu KR 4 oraz rys 4.6 dla kategorii ruchu KR 5.

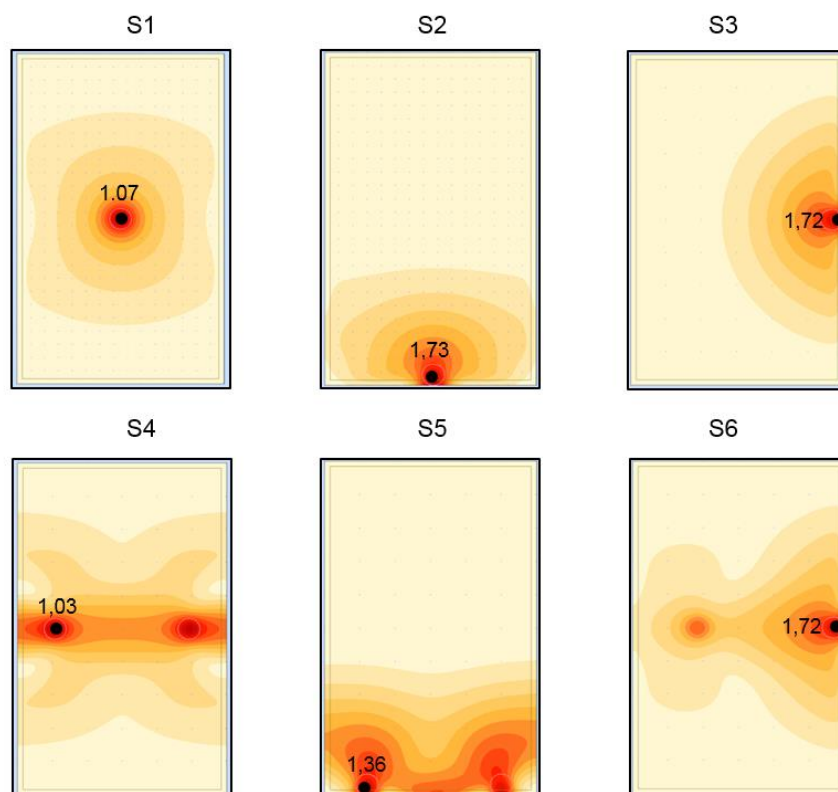
KR 4



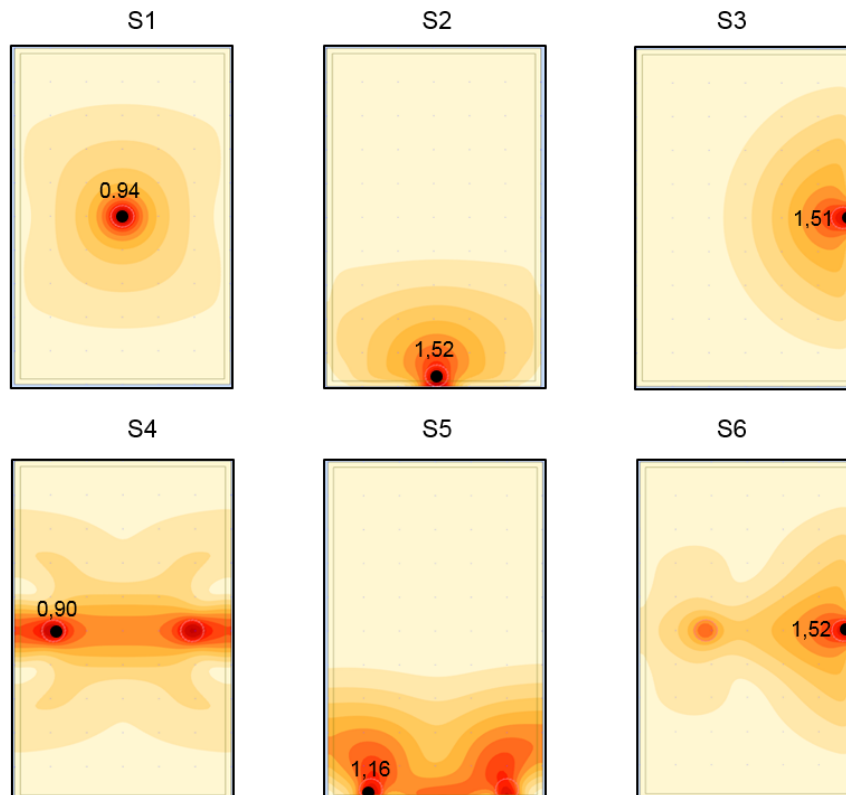
KR 5



Rys. 4.4. Konstrukcje nawierzchni dla kategorii KR 4 oraz KR 5.



Rys. 4.5. Naprężenia w płycie betonowej dla kategorii ruchu KR 4



Rys. 4.6. Naprężenia w płycie betonowej dla kategorii ruchu KR 5

W przypadku wariantów S2, S3 oraz S6 uzyskano jednakowe wartości naprężeń. Do obliczeń trwałości zmęczeniowej przyjęto wariant S6 z obciążeniem zlokalizowanym na krawędzi poprzecznej.

Trwałość zmęczeniowa płyty betonowej została wyznaczona ze wzoru (2).

$$f_f m_1 \frac{1}{\gamma_m} \geq \gamma_p (n_1 \sigma_p) + \gamma_t (n_1 \sigma_t) \quad (2)$$

gdzie:

$$m_1 = 1 - 0,078 \log N$$

- f_f – charakterystyczna wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu,
- m_1 – współczynnik uwzględniający liczbę obciążeń,
- n_1 – współczynnik współpracy płyt równy:
 - 0,90 dla szczelin skurczowych, rozszerzania i technologicznych bez dybli,
 - 0,65 dla szczelin dyblowanych,
- σ_p – maksymalne naprężenia rozciągające w płycie betonowej od obciążenia pojazdem,
- σ_t – maksymalne naprężenia rozciągające w płycie betonowej od temperatury,
- γ_m – współczynnik materiałowy,
- γ_p – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa od obciążenia pojazdem,
- γ_t – cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa od obciążenia temperaturą.

W obliczeniach trwałości zmęczeniowej przyjęto:

- charakterystyczną wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu $f_f = 5,5 \text{ MPa}$
- współczynnik współpracy płyt na podstawie modelu MES $n_1 = 0,9$
- cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa od obciążenia pojazdem $\gamma_p = 1,15$
- cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa od obciążenia temperaturą $\gamma_t = 1,15$
- współczynnik materiałowy $\gamma_m = 1,2$

Trwałość zmęczeniowa konstrukcji nawierzchni wynosi:

Dla kategorii ruchu KR 4 $N^{115} = 6\,314\,361,01$ osi 115 kN

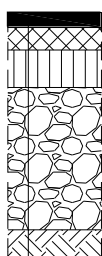
Dla kategorii ruchu KR 5 $N^{115} = 18\,706\,650,71$ osi 115 kN

Zaprojektowane konstrukcje są lekko przewymiarowane, ponieważ zmniejszenie grubości płyty betonowej o 1cm nie spełniłoby minimalnej trwałości zmęczeniowej wymaganej dla nawierzchni betonowej.

Zmniejszenie grubości warstw podbudowy, mając na uwadze dopuszczalne błędy wykonawcze również się przyczyni do niespełnienia minimalnej trwałości zmęczeniowej nawierzchni betonowej.

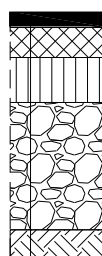
Układ warstw konstrukcyjnych nawierzchni asfaltowej skosu wyjazdowego oraz wjazdowego dla wariantu 1.1 oraz 1.2 przyjęto zgodnie z Katalogiem Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. W przypadku podłoża gruntowego o nośności od G2 do G4 zaprojektowano warstwy wzmacniające zgodnie z KTKNS tak aby uzyskać na spodzie warstwy podbudowy pomocniczej moduł zastępczy min. 80 MPa, co zostało przedstawione w tabeli 1. Układ warstw konstrukcyjnych został przedstawiony na rys. 7.

KR 4



Warstwa ścieralna SMA 11S	4cm
Warstwa wiążąca AC16 W	6cm
Podbudowa zasadnicza AC22 P	10cm
Mieszanka nie związana C _{50/30}	38cm
Podłoże gruntowe doprowadzone do nosności G1	

KR 5



Warstwa ścieralna SMA 11S	4cm
Warstwa wiążąca AC16 W	8cm
Podbudowa zasadnicza AC22 P	12cm
Mieszanka nie związana C _{50/30}	34cm
Podłoże gruntowe doprowadzone do nosności G1	

Rys. 4.7. Konstrukcje nawierzchni skosów dla kategorii KR 4 oraz KR 5.

4.3 Schemat wykonania dylatacji

Schemat rozmieszczenia dylatacji w nawierzchni betonowej został przedstawiony w części rysunkowej na rys. 1-5.

4.4 Rozmieszczenie dybli i kotew

Dla projektowanych zatok autobusowych przyjęto dyble o średnicy 25mm, długości 500 mm w rozstawie co 250mm.

Rozstaw i średnicę dybli ustalono na podstawie obliczeń analitycznych według wzoru (4.1)

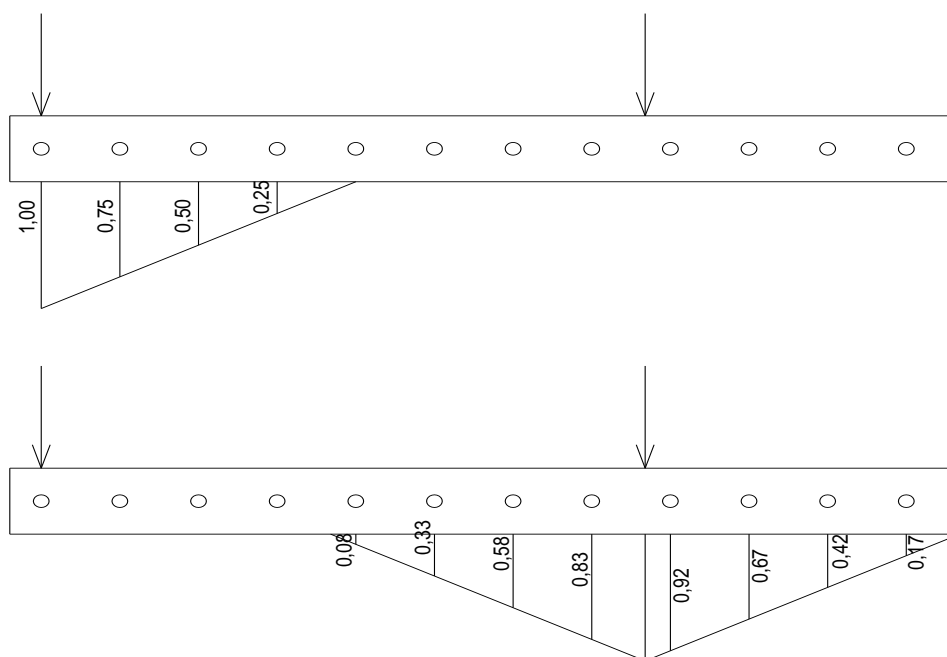
$$\sigma_b = \frac{K \cdot P_t \cdot (2 + \beta \cdot z)}{4 \cdot \beta^3 \cdot E_d \cdot I_d} \quad (4.1)$$

gdzie:

- σ_b – maksymalne naprężenie ściskające w betonie [Pa],
- K – współczynnik sprężystego podparcia dybla równy $409 \cdot 10^9 \text{ N/m}^3$,
- P_t – maksymalna siła jaką może przenieść jeden dybel na sąsiednią płytę [N]:
- β – współczynnik uwzględniający sztywność obetonowanego dybla równy 28,56 1/m,
- E_d – moduł sprężystości dybla równy $200 \cdot 10^9 \text{ Pa}$,
- I_d – moment bezwładności przekroju poprzecznego dybla równy $1,92 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$,
- z – szerokość szczeliny między płytami równa 0,006m.

W obliczeniach uwzględniono obciążenie 115 kN na oś obliczeniową z rozstawem kół 192cm.

Zasięg współpracy dybli przedstawiono na rys 4.8.



Rys. 4.8. Współpraca dybli

Do obliczeń przyjęty został niekorzystniejszy układ, w którym do współpracy włączone są tylko cztery dyble. Współczynnik grupy dybli wynosi 2,500.

Maksymalna siła jaką może przenieść pojedynczy dybel na sąsiednią płytę wynosi:

$$P_t = 11,5 \text{ kN}$$

Maksymalne naprężenie ściskające w betonie pod dyblem wynosi:

$$\sigma_b=28,54MPa$$

Otrzymane naprężenia zapewniają bezpieczną współpracę połączenia dyblowanego.

Dyble powinny spełniać wymagania normy PN-EN 13877-3, wytrzymałość dybli powinna zostać oznaczona zgodnie z PN-EN ISO 15630-1 i powinna wynosić co najmniej 250 MPa. Tolerancja średnicy dybla powinna być zgodna z PN-EN 10060.

Dyblowane są szczeliny prostopadle do kierunku ruchu (rys. 4.2)

Po zabetonowaniu położenie dybla powinno spełniać następujące warunki:

- 4) Dybel powinien znajdować się w połowie wysokości przekroju płyty nawierzchniowej (oś obojętna).
- 5) Szczelina dylatacyjna powinna być w połowie długości dybla.
- 6) Kosz podtrzymujący powinien stabilizować pozycję dybla w czasie betonowania a szczególnie podczas wibrowania.

Skrajne dyble powinny znajdować się 12,5 cm od końca płyty.

Kotwy.

W rozpatrywanych w niniejszym opracowaniu przypadkach, kotwy wystąpią jedynie w płaszczyźnie manewrowej na pętli autobusowej. Płaszczyzna ma wymiary 60m x 7m i będzie się składała z dwóch rzędów płyt o wymiarach 3,5 x 5 m które będą kotwione. Dla rozpatrywanego przypadku przyjęto kotwy: średnica 20 mm, długość 800 mm w rozstawie co 1 m zgodnie z PN-EN 13877-1

Kotwy powinny być wykonane ze stali żebrowanej klasy B250 lub B500 i powinny być zgodne z PN-EN 10080. Środek kotwy na długości min. 200 mm należy zabezpieczyć powłoką z polimeru o grubości min. 0,3 mm i max. 1,25 mm odporną na działanie alkaliów w celu zabezpieczenia kotwy przed korozją.

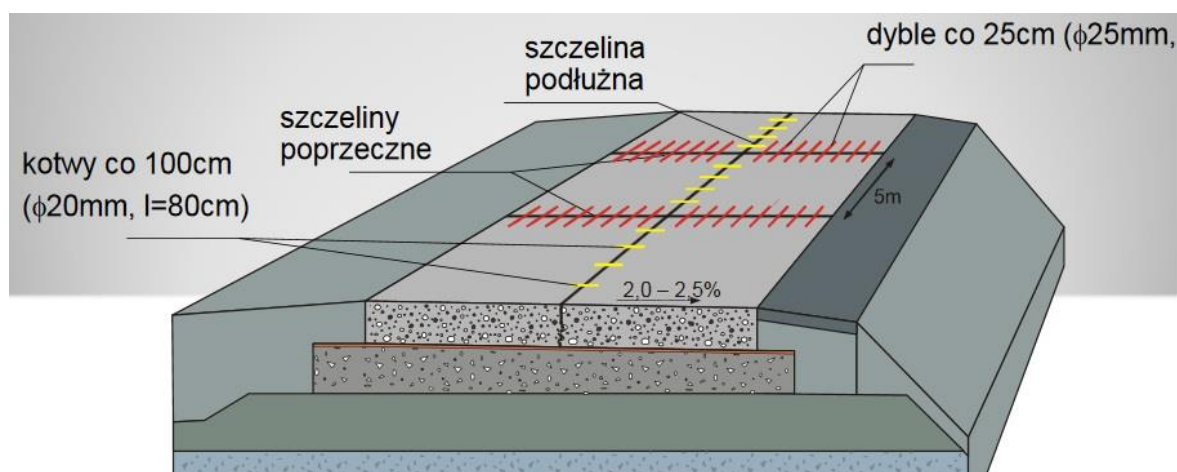
Po zabetonowaniu lub wklejeniu położenie kotwy powinno spełniać następujące warunki:

- 1) Kotwa powinna znajdować się w połowie wysokości przekroju płyty nawierzchniowej (oś obojętna).
- 2) Szczelina dylatacyjna podłużna powinna być w połowie długości kotwy.

- 3) Kosz podtrzymujący powinien stabilizować pozycję kotwy w czasie betonowania a szczególnie podczas wibrowania.

Kotwy brzegowe powinny znajdować się 50 cm od końca płyty.

Kotwione są szczeliny równoległe do kierunku ruchu (rys. 4.9).



Rys. 4.9 Schemat lokalizacji dybli i kotew na płaszczyźnie manewrowej

4.5 Wykonanie ścieku wyciśniętego

Ściek przykrawężnikowy wykonywany jest pomiędzy krawędzią jezdni a krawężnikiem. Służy do odprowadzenia wód opadowych z nawierzchni jezdni i chodników do projektowanych odbiorników (np. kanalizacji deszczowej).

Ściek przykrawężnikowy powstaje w sposób samoistny. Woda spływając z jezdni zgodnie ze spadkiem poprzecznym dociera do krawężnika i zgodnie ze spadkiem podłużnym przemieszcza się do odbiornika. Może być również wykonany z elementów prefabrykowanych, wbudowanych przy krawężniku. W nawierzchniach z kostki i betonowych może być wykonany przez obniżenie nawierzchni przy krawężniku i utworzenie korytka ściekowego.

W niniejszym opracowaniu zajęto się tym ostatnim przypadkiem – ścieku wykonanego w świeżo położonej masie betonu.

Lokalizacja ścieku zależna jest od spadku poprzecznego nawierzchni przystanku. Powstają dwie możliwości:

- Ściek przy krawężniku – jeśli nawierzchnia ma spadek w kierunku peronu.
- Ściek między nawierzchnią ulicy a nawierzchnią przystanku – jeśli nawierzchnia przystanku lub pasa przejazdowo-postojowego ma spadek od peronu w kierunku ulicy.

Po przeprowadzeniu analizy uznano, wykonywanie ścieku wyciśniętego w drugim przypadku (spadek od peronu) nie jest zasadne. Wykonane korytko będzie gromadzić wodę a jej odebranie będzie wymagało lokalizacji w ciągu ścieku wpustu deszczowego.

W warunkach zimowych i błota pośniegowego będą się tam tworzyły zamarzające kałuże.

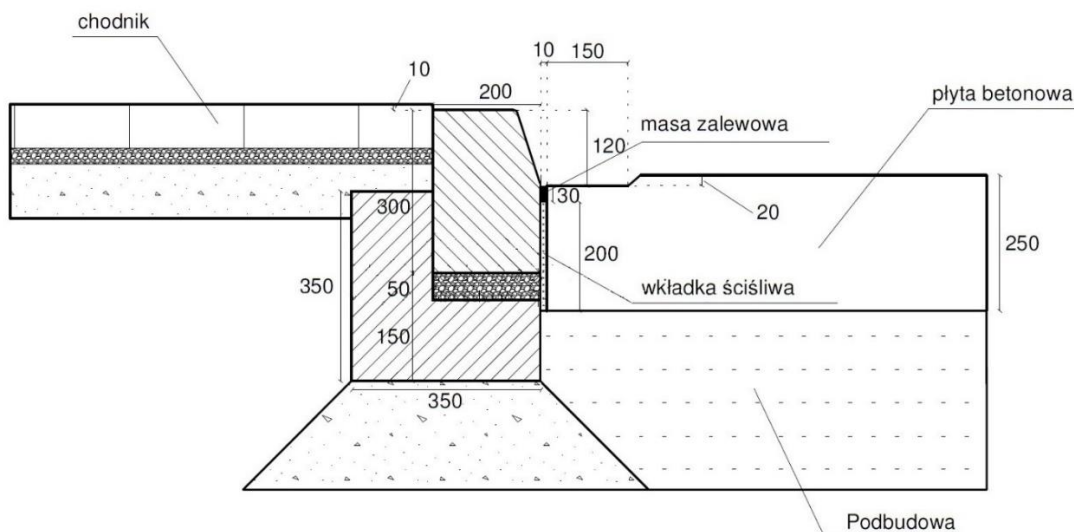
W tym miejscu autobusy wykonują hamowanie i przyspieszanie. Tworzenie okazji do zmniejszania przyczepności nawierzchni jest zjawiskiem niepożądanym.

Dla takich przypadków należy wykonać odwodnienie liniowe które przejmie wodę z nawierzchni.

Wykonywanie ścieku wyciśniętego uznano za zasadne dla spadku nawierzchni w kierunku peronu.

Przyjęto następujące parametry ścieku (rys. 4.10)

- Szerokość – 150 mm
- Głębokość – 20 mm
- Fazowanie – 20 mm x 20 mm
- Spadek poprzeczny zgodny ze spadkiem poprzecznym jezdni.
- Spadek podłużny zgodny z niweletą krawędzi jezdni.



Rys. 4.10 Ściek wykonany przy krawężniku drogowym

Forma do wykonania szablonu

Do wykonania ścieku wyciśniętego w świeżym betonie potrzebne będzie wcześniejsze wykonanie formy. Formą może być deska lub profil metalowy.

Wymiary formy:

- Długość dobrana do wymiarów wylewanej płyty. W tym wypadku - 5 m.
- Grubość 20 mm
- Szerokość górnej krawędzi 180 mm
- Szerokość dolnej krawędzi 160 mm
- Fazowanie formy 20 x20 mm

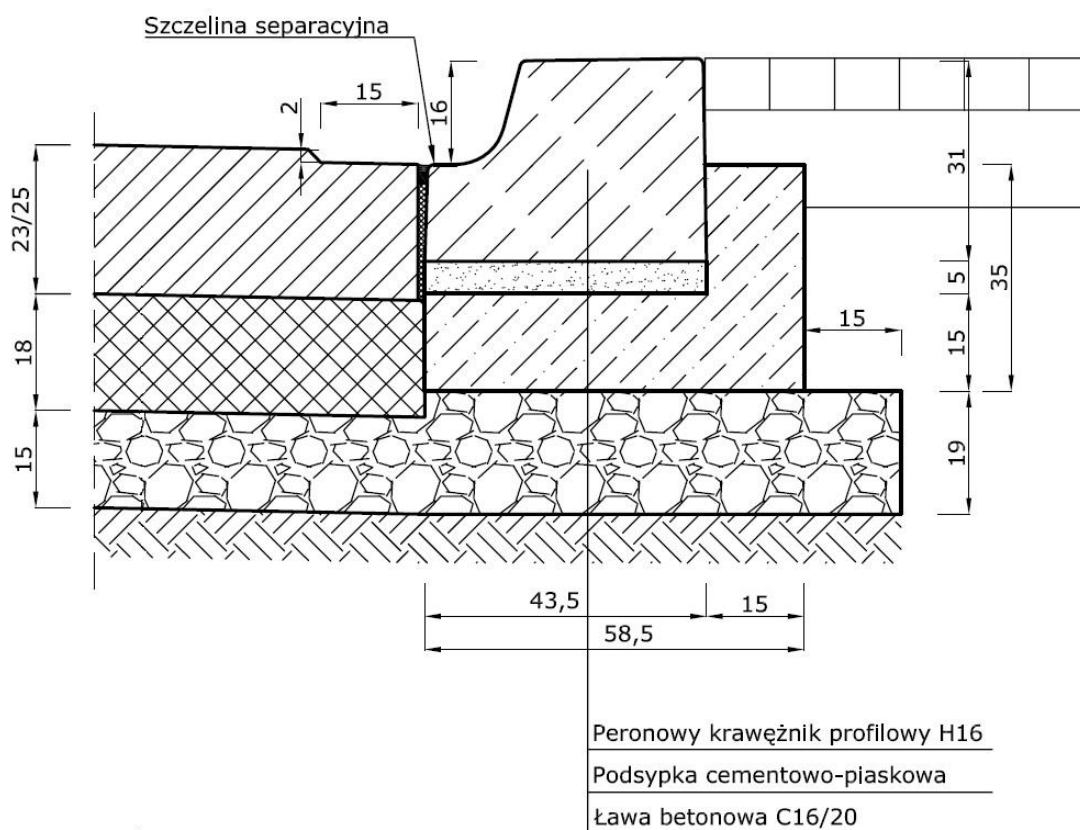
W celu zabezpieczenia przed przywarciem do wiążącego betonu forma powinna być natłuszczona olejem biodegradowalnym lub asfaltem upłynnionym.

Wykonanie ścieku wyciśniętego.

Do wykonywania ścieku należy przystąpić bezpośrednio po wylaniu i zagęszczeniu świeżego betonu.

- 1) Przed wylaniem betonu nawierzchniowego do ściany krawężnika przykleić wkładkę dystansową o grubości 10 mm wykonaną z materiału ściśliwego (np. **plyty z polistyrenu ekstrudowanego XPS**) w celu wykonania szczeliny separacyjnej.
- 2) Ręcznie, kielniami należy zebrać 15-18mm betonu na szerokości 160 mm.
- 3) Wykonaną formę ścieku przyłożyć do miejsca z usuniętym betonem i docisnąć.
- 4) Listwą wibracyjną wwibrować szablon do poziomu jezdni i pozostawić dociśnięty na 24h. Dla peronu z krawężnikiem peronowym wwibrowywanie prowadzić do poziomu półki krawężnika (rys. 4.11).
- 5) Ewentualne wyciśnięte nadmiary betonu usunąć ręcznie i wygładzić.
- 6) Pielęgnację ścieku prowadzić tak jak dla nawierzchni betonowej.
- 7) Po 7 dniach odtworzyć szczelinę na masę zalewową o głębokości min 30 mm.
- 8) Pędzlem zgruntować ścianki szczeliny.
- 9) Szczelinę zalać masą zalewową na gorąco.
- 10) Po 28 dniach powierzchnię ścieku i ściankę krawężnika zabezpieczyć środkiem hydrofobowym. Czynność tę powtarzać co 2 lata chyba że producent środka hydrofobowego zaleca inaczej.

Przed przystąpieniem do wykonywania nawierzchni należy przeprowadzić próbę na płycie testowej o długości min. 2 m w celu przeszkolenia pracowników wykonujących ściek.



Rys. 4.11 Ściek wyciśnięty przy krawężniku peronowym

Osadzenie krawędzi wpustów deszczowych należy dowiązać do rzędnej dna ścieku wyciśniętego a nie do rzędnej nawierzchni.

4.6. Uszorstnienie nawierzchni

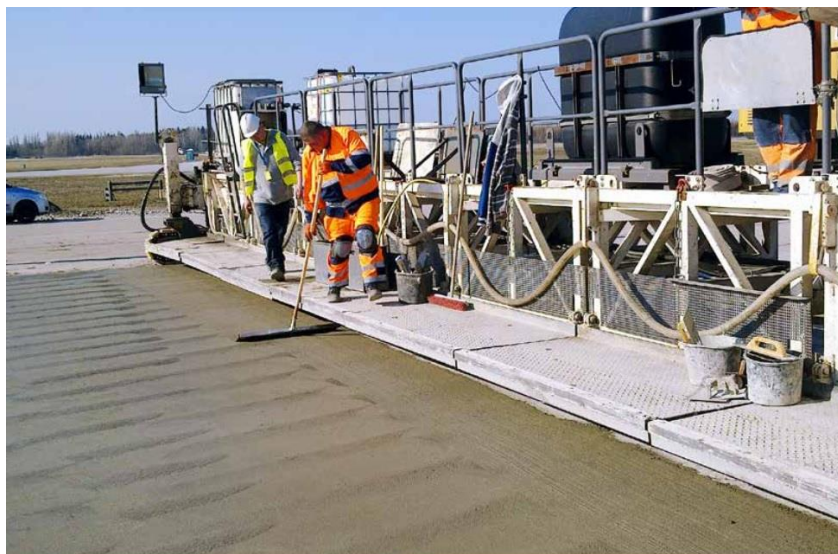
Uszorstnienie ma na celu podwyższenie współczynnika szepności kół pojazdu z nawierzchnią i tym samym poprawę bezpieczeństwa ruchu.

Teksturę powierzchni jezdnej można wykonać niżej przedstawionymi metodami:

- 1) ciągniętej tkaniny jutowej w kierunku podłużnym (równoległym do osi jezdni,
- 2) przecierania świeżo ułożonej mieszanki betonowej stalową szczotką (w kierunku prostopadłym do osi jezdni),
- 3) rowkowania poprzecznego widelkami metalowymi (w kierunku prostopadłym do osi jezdni),
- 4) opóźnienia hydratacji cementu (np. z użyciem glukozy) a następnie usunięcia niezwiązanej warstwy zaprawy cementowej w następstwie czego powstaje powierzchnia z odkrytym kruszywem o głębokości makrotekstury do 1,5 mm

Z uwagi na niewielkie powierzchnie zatok autobusowych i zalecaną technologię wykonywania nawierzchni w deskowaniu stałym, rekomendowaną metodą nadawania

szorstkości nawierzchni jest metoda wymieniona w pozycji 2) - przecieranie świeżo ułożonej mieszanki betonowej stalową szczotką (w kierunku prostopadłym do osi jezdni).



Rys. 4.12 Tekstutowanie nawierzchni betonowej wykonywanej na lotnisku.

Metoda polega na przecieraniu szczotką o długości 50 -70cm w włóknami stalowymi świeżo zawibrowanego betonu w kierunku prostopadłym do kierunku ruchu.

Przecieranie powoduje powstawanie w nawierzchni rowków o głębokości 1,5-2 mm które nadaje nawierzchni odpowiednią teksturę.



Rys. 4.13 Faktura stwardniałej nawierzchni po uszorstnieniu.

Z czasem, w zależności od intensywności ruchu, nawierzchnia ulega polerowaniu i jej szorstkość zmniejsza się, co jest zjawiskiem niebezpiecznym szczególnie na

przystankach, gdzie autobusy hamują i przyspieszają i współczynnik szorstkości nawierzchni jest szczególnie ważny.

Doświadczenia eksploatacyjne nawierzchni betonowych wskazują, że po około 7-10 latach szorstkość nawierzchni należy poprawić. Bardzo dobre parametry uzyskuje nawierzchnia betonowa po przeprowadzeniu zabiegu nazywanego rowkowaniem („diamond grooving”) Metoda znana jest pod angielską nazwą „grooving”. Polega na zastosowaniu maszyny wyposażonej w głowice z regulowanym rozstawem tarcz diamentowych. Usuwana jest w ten sposób cienka warstwa powierzchni betonu (na ogół 2÷4 mm z możliwością do 8 mm) i nadawana charakterystyczna tekstura przedstawionych na rys. 4.4.3, najczęściej w kierunku poprzecznym (może być i w kierunku podłużnym) co poprawia współczynnik tarcia i równość nawierzchni. Rozstaw pomiędzy tarczami diamentowymi powoduje tworzenie rowków, kanałów o szerokości nacięć 3÷7 mm Powoduje to bardzo dobre odprowadzenie wody i redukcję zjawiska aquaplaningu. Standardowy kształt rowków jest prostokątny, ale może być również trapezowy (lepsze odprowadzenie wody w porównaniu z prostokątnym kształtem).

Wadą tej metody, ze względu na usuwanie warstwy powierzchni betonu (ok. 3÷6 mm), jest konieczność ponownego wypełnienia i wykonania szczelin dylatacyjnych. Z reguły jednak, po tylu latach, masa zalewowa i tak kwalifikuje się do wymiany.



Rys. 4.14 Nawierzchnia betonowa po rowkowaniu

Rowkowanie można wykonywać zarówno w kierunku podłużnym (przy dużych spadkach), jak i poprzecznym (lepsze odprowadzenie wody).

Dla przystanków autobusowych zalecane jest rowkowanie poprzeczne.

4.7 Montaż i osadzenie wpustów deszczowych i studni kanalizacyjnych

Po osadzeniu studni kanalizacyjnych zgodnie z odrębnym projektem należy przed wylaniem płyty betonowej na około zewnętrznej krawędzi wpustu bądź studzienki wykonać deskowanie. W obrębie wpustu beton należy układać ręcznie. Po ułożeniu betonu wokół wpustu (po min 48h) deskowanie należy usunąć, krawędź oczyścić i zagruntować a następnie przystąpić do wykonywania płyty betonowej.

W odpowiednim czasie należy naciąć piłą szczelinę wokół części płyty wykonywanej ręcznie na głębokość 30mm i szerokość 10mm. Po nacięciu szczelinę oczyścić zagruntować jej ścianki następnie wypełnić masą zalewową na gorąco.

Aby zabezpieczyć konstrukcję nawierzchni przed rozszczelnieniem wokół wjazdu do studzienki lub wpustu deszczowego należy zastosować uszczelnienie silikonem lub masą zalewową na gorąco.

Szczegół montażu został przedstawiony w części rysunkowej na rys. 10-12.

Studzienki oraz wpusty mogą być zlokalizowane wyłącznie w narożach płyt.

4.8 Szczelina separacyjna między krawężnikiem a płytą betonową

Zadaniem szczeliny separacyjnej jest kompensowanie ruchów termicznych płyty i przemieszczeń pionowych pod obciążeniem kołami autobusu oraz oddzielenie warstw konstrukcji nawierzchni i warstw konstrukcyjnych osadzonego krawężnika.

W celu wykonania szczeliny separacyjnej prace należy rozpocząć po osadzeniu krawężnika na ławie lub (w przypadku remontu) po odkryciu ściany krawężnika.

Przed wylaniem betonu nawierzchniowego do ściany krawężnika przykleić wkładkę dystansową o grubości 10 mm wykonaną z materiału ściśliwego (np. płyty z polistyrenu ekstrudowanego XPS). Na wkładkę można wykorzystać inny materiał ściśliwy pod warunkiem, że nie będzie on nasiąkliwy.

Klej powinien być wodoodporny (np. epoksydowy) i nie powinien wchodzić w reakcję z materiałem wkładki ściśliwej i z betonem.

Wkładkę przykleić tak aby nad nią pozostała przestrzeń o wysokości min. 30 mm na wlanie masy zalewowej. Na czas betonowania przestrzeń tą można zaślepić listwą o grubości 10 mm wysokości 30 mm. Listwa powinna być natłuszczona w celu łatwiejszego wydobycia jej po zabetonowaniu. Listwę można usunąć nie wcześniej niż po 7 dniach.

Po usunięciu listwy oczyścić powstałą szczelinę i pędzlem zagruntować jej ścianki. Szczelinę zalać masą zalewową na gorąco.

Wysokość wkładki ściśliwej dobrać do wysokości płyty nawierzchniowej.

Wymiary szczeliny separacyjnej przedstawiono w części rysunkowej na rysunku nr 9. Lokalizację szczeliny przy krawężniku drogowym przedstawiono w rozdziale 4.5 na rys. 4.10 a przy krawężniku peronowym na rysunku 4.11.

Dla poszczególnych typów przystanków lokalizację szczeliny separacyjnej przedstawiono w części rysunkowej na rysunkach nr 1, 2, 3, 4 i 5.

4.9 Montaż peronowych krawężników profilowych

W przypadku istniejących przystanków autobusowych, przed posadowieniem peronowych krawężników profilowych należy zdemontować stare krawężniki oraz rozebrać istniejącą konstrukcję nawierzchni przystanku autobusowego na szerokość umożliwiającą swobodny montaż krawężnika. Sposób posadowienia krawężnika peronowego przedstawiono w części rysunkowej na rys. 8.

4.10 Wbudowanie i pielęgnacja wykonanej nawierzchni

Wykonanie nawierzchni betonowej może być wykonywane w dwóch technologiach:

- metodą tradycyjną (w deskowaniach stałych)
- metodą ślizgową (układarką do betonu)

Metodą ślizgową wykonujemy nawierzchnie betonowe na drogach, autostradach i lotniskach. Metoda ta pozwala na wykonanie 700m do 1000m bieżących nawierzchni w ciągu jednej dniówki.

Powierzchnie przystanków autobusowych są znacznie mniejsze. Dodatkowo na wjazdach i wyjazdach znajdują się płyty o zmiennej szerokości. Dlatego te nawierzchnie powinny być wykonywane w technologii tradycyjnej w deskowaniach stałych.

Metoda tradycyjna jest metodą bardzo znaną i prostą, ale wymaga dokładności. Bardzo ważnym elementem tej technologii i bardzo czasochłonnym jest przygotowanie i zastabilizowanie szalunków. Ten proces pochłania do 50% czasu potrzebnego do wykonania nawierzchni. Deskowania powinny być ustawiane pod nadzorem geodezyjnym, gdyż powinny uwzględniać spadek nawierzchni. Na krawędziach szalunku będzie oparta listwa wibracyjna więc ich mocne zastabilizowanie jest bardzo istotne.

W przypadku wykonywania nawierzchni przystanku na wcześniej wykonanej nawierzchni rolę szalunku przejmie wcześniej wycięta i wyrównana stara nawierzchnia dodatkowo zabezpieczona szczeliną separacyjną.

Przygotowanie podłoża

Bezpośrednim podłożem nawierzchni betonowej jest warstwa przeciwoerozyjna (poślizgowa) wykonana na podbudowie z kruszywa związanego hydraulicznie która powinna być szersza od układowej nawierzchni jezdni o szerokość tzw. odsadzki wynoszącą połowę grubości warstwy na której spoczywa. W celu zabezpieczenia podbudów przed erozją spowodowaną wodą przenikającą z nawierzchni betonowej (głównie przez nieszczelnie wypełnione szczeliny) , można zastosować:

- a) geowłókninę na szerokości równej szerokości jezdni + zapas po 15 cm z obu stron krawędzi jezdni,
- b) pojedyncze powierzchniowe utrwalenie z podwójnym rozłożeniem kruszywa na szerokości równej szerokości jezdni + zapas po 5 cm z obu stron krawędzi jezdni.
Do wykonania, powinny być zastosowane n/w materiały : emulsja kationowa (np. w ilości 1,90kg/m²) grysy, np. frakcji: od 8 do 11,2 mm w ilości od 8 do 9 litrów/m² i w drugim przejściu o frakcji: np. od 5,6 do 8 mm , w ilości od 4 do 5 litrów/m² .
- c) warstwę betonu asfaltowego. na szerokości równej szerokości jezdni + zapas po 5 cm z obu stron krawędzi jezdni.

Dla zatok autobusowych wystarczającym rozwiązaniem jest zastosowanie geowłókniny.

Przygotowanie zbrojenia dla nawierzchni o ciągłym zbrojeniu

Pręty stalowe użyte do wykonania wkładek zbrojeniowych powinny być wyprostowane. W przypadku stwierdzenia krzywizn w prętach stali zbrojeniowej należy ją prostować. Cięcie i gięcie stali zbrojeniowej należy wykonywać mechanicznie.

Haki, odgięcia prętów, złącza i rozmieszczenie zbrojenia należy wykonywać wg Dokumentacji Projektowej z równoczesnym zachowaniem postanowień normy PN-91/S-10042.

Montaż zbrojenia

Montaż zbrojenia bezpośrednio w deskowaniu zaleca się wykonywać przed ustawieniem szalowania bocznego. Montaż zbrojenia płyt należy wykonywać bezpośrednio na deskowaniu wg naznaczonego rozstawu prętów

Dla zachowania właściwej grubości otulin należy układać w deskowaniu zbrojenie osadzać w koszach podtrzymujących.

Szkielety płaskie i przestrzenne po ich ustawieniu i ułożeniu w deskowaniu należy łączyć zgodnie z rysunkami roboczymi przez spawanie.

Łączenie prętów należy wykonywać zgodnie z postanowieniami normy PN-91/S-10042. W przypadku łączenia prętów podłużnych schodkowo, należy przestrzegać zasady, że w przekroju poprzecznym nie może być łączonych więcej niż 1/3 prętów. Do zgrzewania, spawania prętów mogą być dopuszczeni jedynie pracownicy wykwalifikowani, mający odpowiednie uprawnienia.

Skrzyżowania prętów należy wiązać drutem miękkim, spawać lub łączyć specjalnymi zaciskami.

Montaż dybli i kotew

Dyble i kotwy muszą być rozmieszczone zgodnie z projektem prostopadle do płaszczyzny szczeliny i równolegle do osi przesunięcia płyty. Środek dybla i kotwy powinien dokładnie wypadać po środku szczeliny dylatacyjnej. Głębokość zamocowania dybla i kotwy w betonie powinna być zgodna z projektem z tolerancją nieprzekraczającą wartości ± 20 mm. Odległość dybli i kotew od siebie powinna być jednakowa z tolerancją nieprzekraczającą wartości ± 50 mm. Dyble i kotwy powinny być ustawiane w koszach montażowych.

Warunki atmosferyczne przy układaniu mieszanki betonowej i wiązaniu betonu

Temperatura otoczenia

Nawierzchnie betonowe powinny być wykonywane w temperaturze powietrza nie niższej niż $+5^{\circ}\text{C}$ i nie wyższej od $+25^{\circ}\text{C}$ (w ciągu całej doby) . Dopuszcza się wykonywanie nawierzchni betonowej w temperaturze powyżej $+25^{\circ}\text{C}$ pod warunkiem, że temperatura

mieszanki betonowej nie przekroczy $+30^{\circ}\text{C}$. W przypadkach koniecznych dopuszcza się wykonywanie nawierzchni betonowej w temperaturze powietrza poniżej $+5^{\circ}\text{C}$ pod warunkiem stosowania zabiegów specjalnych pozwalających na utrzymanie temperatury mieszanki betonowej powyżej $+5^{\circ}\text{C}$ przez okres co najmniej 3 dni. Przy temperaturze powietrza poniżej -3°C betonowanie należy przerwać. Betonowania nie należy wykonywać podczas opadów deszczu.

Zabezpieczenie podczas opadów

Przed przystąpieniem do betonowania należy przygotować sposób postępowania na wypadek wystąpienia ulewnego deszczu. Konieczne jest przygotowanie odpowiedniej ilości osłon wodoszczelnych dla zabezpieczenia odkrytych powierzchni świeżego betonu.

Zabezpieczenie betonu przy niskich temperaturach otoczenia

Realizacja robót betonowych w obniżonych temperaturach w przedziale $0 \div +5^{\circ}\text{C}$ jest dopuszczalna w przypadku konieczności dokończenia istotnych fragmentów robót i jest pewność, że taka temperatura utrzyma się przez trzy dni. Wymaganą wytrzymałość beton powinien osiągnąć przez zachowanie ciepła uzyskanego podczas podgrzewania składników (kruszywo, woda) mieszanki betonowej oraz ciepła technologicznego wydzielonego w procesie wiązania i twardnienia. Konieczna w tym przypadku jest staranna ochrona mieszanki betonowej przed utratą ciepła w okresie jej przygotowania, transportu, układania, wiązania i twardnienia do czasu uzyskania przez beton wytrzymałości zapewniającej odporność na działanie mrozu.

Można też podjąć specjalne środki zabezpieczające tj.:

- zwiększenie zawartości cementu (w następstwie mogą być skurcze),
- zastosowanie cementu o wyższej wytrzymałości początkowej,
- podgrzewanie dodawanej wody lub podgrzewanie kruszywa do betonu.

Dodawaną wodę o temperaturze przekraczającej 70°C , należy zmieszać z kruszywem przed dodaniem cementu.

Przy przewidywaniu spadku temperatury poniżej 0°C w okresie twardnienia betonu należy wcześniej podjąć działania organizacyjne pozwalające na odpowiednie osłonięcie i podgrzanie zabetonowanej konstrukcji.

Realizacja robót w warunkach podwyższonej temperatury

Budowa nawierzchni betonowych powinna być wykonywana w temperaturach otoczenia nie wyższych niż $+25^{\circ}\text{C}$. W przypadku wystąpienia wyższej temperatury należy stosować zabiegi obniżające temperaturę mieszanki betonowej z jednoczesnym schłodzeniem podłoża.

Możliwym rozwiązaniem jest prowadzenie robót betonowych w innych porach doby. W każdych warunkach powierzchnia betonu powinna być zabezpieczona przed nadmiernym nasłonecznieniem. Temperatura mieszanki betonowej przed wbudowaniem nie może przekroczyć $+30^{\circ}\text{C}$.

Transport mieszanki betonowej

Transport mieszanki betonowej (z uwagi na konsystencje betonu drogowego) powinien odbywać się samochodami ze skrzyniami stalowymi. Nie należy stosować samochodów ze skrzyniami aluminiowymi, gdyż podczas transportu oraz rozładunku, starte (przez kruszywo w betonie) cząstki aluminium wchodzi w reakcję z wodorotlenkiem wapnia zawartym w betonie i wydzielą się wodór, który to wywiera ciśnienie w zaprawie i przemieszcza się ku powierzchni pozostawiając kanał w świeżym betonie.

Po stwardnieniu betonu w tym miejscu pozostaje widoczne koliste wzniesienie z węglanu wapnia. To zjawisko może być powodem degradacji nawierzchni.

Czas transportu od wytwórni do miejsca jej wbudowania powinien być uzależniony od właściwości mieszanki betonowej i temperatury otoczenia. Zmniejszenie czasu transportu dla temperatur powyżej 20°C , wynosi $3 \text{ min}/^{\circ}\text{C}$. Liczba środków transportowych musi zapewnić ciągłą pracę zespołu układającego mieszankę betonową. Podczas transportu i oczekiwania na rozładunek, mieszanka betonowa powinna być skutecznie zabezpieczona przed nadmierną utratą wilgotności. Wykonawca musi uzyskać akceptację na zgłoszone środki transportu oraz na harmonogram dostaw.

Transport mieszanki betonowej powinien zapewnić:

- brak segregacji składników,
- niezmienność składu mieszanki,
- brak zanieczyszczeń mieszanki,
- projektowane właściwości przy wbudowaniu.

Wbudowywanie w deskowaniu stałym w technologii betonu lanego

Do podawania mieszanek betonowych należy stosować pojemniki o konstrukcji umożliwiającej łatwe ich opróżnianie lub pompy przystosowanej do podawania mieszanek plastycznych. Przy stosowaniu pomp obowiązują odrębne wymagania technologiczne, przy czym wymaga się sprawdzenia ustalonej konsystencji mieszanki betonowej przy wylocie. Przed przystąpieniem do układania betonu należy sprawdzić: położenie zbrojenia, zgodność rzędnych z projektem, czystość deskowania oraz obecność wkładek dystansowych zapewniających wymaganą wielkość otuliny.

Mieszanki betonowej nie należy zrzucać z wysokości większej niż 0,75 m od powierzchni, na którą spada. W przypadku, gdy wysokość ta jest większa należy mieszankę podawać za pomocą rynny zsypowej (do wysokości 3,0 m) lub leja zsypowego teleskopowego (do wysokości 8,0 m).

Wbudowywanie mieszanki betonowej w deskowaniu stałym odbywa się za pomocą maszyn poruszających się po prowadnicach. Prowadnice powinny być przytwierdzone do podłoża w sposób uniemożliwiający ich przemieszczanie i zapewniający ciągłość na złączach. Powierzchnie styku deskowań z mieszanką betonową muszą być gładkie, czyste, pozbawione resztek stwardniałego betonu i natłuszczone olejem mineralnym w sposób uniemożliwiający przyczepność betonu do prowadnic. Ustawienie prowadnic winno być takie, ażeby zapewniało uzyskanie przez nawierzchnię wymaganej niwelety i spadków podłużnych i poprzecznych.

Zagęszczanie betonu

Przy zagęszczaniu mieszanki betonowej należy przestrzegać następujących zasad: Wibratory wgłębne należy stosować o częstotliwości min. 6000 drgań na minutę, z buławami o średnicy nie większej niż 0,65 odległości między prętami zbrojenia leżącymi w płaszczyźnie poziomej.

Podczas zagęszczania wibratorami wgłębnymi nie wolno dotykać zbrojenia buławą wibratora.

Podczas zagęszczania wibratorami wgłębnymi należy zagłębić buławę na głębokość 5–8 cm w warstwę poprzednią i przytrzymywać buławę w jednym miejscu w czasie 20–30 sekund po czym wyjmować powoli w stanie wibrującym.

Kolejne miejsca zagłębienia buławy powinny być od siebie oddalone o $1,4 R$, gdzie R jest promieniem skutecznego działania wibratora. Odległość ta zwykle wynosi 0,35–0,7 m.

Belki wibracyjne powinny być stosowane do wyrównania powierzchni betonu płyt charakteryzować się jednakowymi drganiami na całej długości.

Czas zagęszczania wibratorem powierzchniowym lub belką wibracyjną w jednym miejscu powinien wynosić od 30 do 60 sekund.

Zasięg działania wibratorów przyczepnych wynosi zwykle od 20 do 50 cm w kierunku głębokości i od 1,0 do 1,5 m w kierunku długości elementu. Rozstaw wibratorów należy ustalić doświadczalnie tak aby nie powstawały martwe pola. Mocowanie wibratorów powinno być trwałe i sztywne.

Przerwy w betonowaniu

Nie dopuszcza się stosowania przerw w betonowaniu pojedynczej płyty nawierzchniowej.

Wymagania przy pracy w nocy

W przypadku, gdy betonowanie konstrukcji wykonywane jest także w nocy konieczne jest wcześniejsze przygotowanie odpowiedniego oświetlenia zapewniającego prawidłowe wykonawstwo robót i dostateczne warunki bezpieczeństwa pracy.

Uszarstnienie górnej warstwy nawierzchni

Szczegółowo opisano ten proces w rozdziale 4.6.

Nacinanie szczelin dylatacyjnych

Szczegółowo opisano ten proces w rozdziale 4.3.

Pielęgnacja betonu

Pielęgnacja betonu jest niezbędnym i jakże często zaniedbywanym lub wręcz pomijanym procesem technologicznym, gwarantującym uzyskanie projektowanej wytrzymałości i trwałości betonu w konstrukcji. Czynności związane z pielęgnacją betonu mają na celu zapewnienie optymalnych warunków cieplno-wilgotnościowych jego dojrzewania. Pielęgnacja ma również na celu redukcję odkształceń skurczowych, powodowanych odparowaniem wody oraz ograniczenie ryzyka zarysowania elementu na skutek gradientu temperatur. Niedocenianym elementem pielęgnacji jest także przeciwdziałanie przemarzaniu powierzchni betonu w okresie zimowym i jej przegrzewaniu

w czasie upałów oraz zabezpieczenie młodego betonu w konstrukcji przed szkodliwym wpływem drgań i wibracji.

Szczegółowe wytyczne znajdują się w normie PN-EN 13670:2011 "*Wykonywanie konstrukcji betonowych*". Przywołana norma podaje podstawowe sposoby pielęgnacji betonu, wprowadzając klasy pielęgnacji definiowane za pomocą minimalnego czasu jej trwania lub też okresu w którym beton uzyskuje założony procent 28 dniowej wytrzymałości charakterystycznej.

Podstawową metodą pielęgnacji młodego betonu w konstrukcji jest stosowanie tzw. pielęgnacji mokrej. Założeniem tej metody jest utrzymanie powierzchni elementu w stanie wilgotnym. Do podstawowych sposobów pielęgnacji wilgotnej zalicza się:

- stałe bądź okresowe zraszanie powierzchni betonu wodą,
- przykrywanie powierzchni betonu włókniną, która utrzymywana jest w stanie wilgotnym,

Kolejną metodą pielęgnacji betonu jest stosowanie osłon, które pełnią rolę bariery zapobiegającej nadmiernemu ubytkowi wody. Zazwyczaj stosuje się w tym celu folie PE. Wskazane jest jednak w przypadku ich stosowania wykorzystanie folii koloru ciemnego w okresie obniżonych temperatur, celem akumulacji ciepła i folii jasnej lub bezbarwnej w czasie upałów. Innym rodzajem osłon zewnętrznych są namioty zabezpieczające miejsce robót przed intensywnymi opadami, nadmiernym nasłonecznieniem i silnym wiatrem. Szczególnie często ten sposób pielęgnacji stosowany jest w przypadku obiektów liniowych – obiekty mostowe, nawierzchnie lotniskowe i przemysłowe.

Bardzo często stosowaną metodą pielęgnacji betonu w konstrukcjach nawierzchni drogowych, lotniskowych jak również posadzek przemysłowych jest wykorzystanie preparatów, które naniesione na powierzchnię młodego betonu tworzą ciągły film zamykając ją, co znacząco minimalizuje odparowanie wody. Podstawową zaletą tego sposobu pielęgnacji jest łatwość aplikacji na dużych powierzchniach.

W okresie obniżonych temperatur należy stosować specjalne techniki pielęgnacji, chroniące powierzchnię betonu nie tylko przed utratą wilgoci ale przede wszystkim zabezpieczające ją przed zamarzaniem. Najczęściej w tym celu stosowane są osłony w postaci mat izolacyjnych lub płyt styropianowych, które znacząco ograniczają utratę ciepła z hydratacji betonu. Aktywnym sposobem pielęgnacji termicznej betonu w czasie obniżonych temperatur jest

budowa osłon zewnętrznych w postaci namiotów z równoczesnym wykorzystaniem nadmuchu ogrzanego powietrza lub pary technologicznej. Możliwe i celowe w okresie zimowym jest również stosowanie elektronagrzewu lub mat termicznych.

Długość procesu pielęgnacji betonu uzależniona jest od rodzaju zastosowanego cementu, typu i ilości dodatków mineralnych, panujących warunków atmosferycznych a także kształtu i modułu powierzchniowego elementu. Norma PN-EN 13670 podaje minimalne czasy pielęgnacji betonu dla klas 2÷4 tj. chwili kiedy beton uzyskuje 35÷70% wytrzymałości charakterystycznej po 28 dniach.

Pielęgnację betonu należy rozpoczynać niezwłocznie po zakończeniu obróbki powierzchniowej elementu. Zaniechanie lub niestaranne prowadzenie pielęgnacji powoduje obniżenie wytrzymałości betonu, wskutek niemożności uzyskania odpowiedniego stopnia hydratacji cementu oraz wiąże się z ryzykiem powstania powierzchniowych lub zarysowań skurczowych a tym samym skutkuje nieuzyskaniem przez konstrukcję wymaganej trwałości i niezawodności.

Materiały do pielęgnacji

Do pielęgnacji świeżo ułożonej nawierzchni z betonu cementowego, można zastosować niżej wymienione materiały:

- folię,
- geowłókninę,
- preparaty powłokowe (hydrofobowe), posiadające aktualne dokumenty pozwalające stwierdzić przydatność danego preparatu do tego celu,
- wodę.

Okres pielęgnacji

Ułożony beton należy utrzymywać w stałej wilgotności przez okres co najmniej 7 dni. Polewanie betonu normalnie twardniejącego należy rozpocząć po 24 godzinach od zabetonowania.

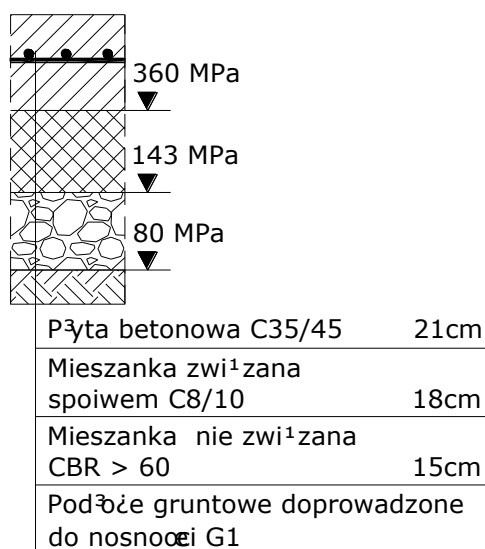
Usunięcie deskowania konstrukcji może nastąpić po osiągnięciu przez beton wytrzymałości rozformowania dla konstrukcji monolitycznych (zgodnie z normą PN-63/B-06251) nie wcześniej niż po 24 h.

5. Konstrukcja płyty betonowej o zbrojeniu ciągłym

W przypadku zastosowania płyty ze zbrojeniem ciągłym bez dylatacji (CRCP) grubość konstrukcji nawierzchni dla wariantu 1.1 oraz 1.3 tj. dla przystanku autobusowego w zatoce o długości 20m oraz w pasie przejazdowo postojowym o długości 20m została zaprojektowana na podstawie założeń określonych w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych. W obliczeniach przyjęto pręty zbrojeniowe klasy B500 zgodne z PN-EN 10080. Pręty poprzeczne przyjęto o średnicy $\phi 12$ mm i rozstawie co 70cm, układane pod kątem 65° , natomiast pręty podłużne przyjęto o średnicy $\phi 20$ mm i rozstawie co 18cm. Na obu końcach zatoki zaprojektowano żelbetowe bloki kotwiące o wysokości 90 cm i szerokości 65 cm. Rozwiązanie konstrukcyjne przedstawiono w części rysunkowej poniższego opracowania. Pręty zbrojenia należy ułożyć na głębokości 10cm licząc od góry płyty. Łączenie zbrojenia podłużnego należy wykonywać na zakładkę 70cm. W przekroju poprzecznym nie może być łączonych więcej niż 1/3 prętów. Całą zatokę należy wykonać w jednym ciągu technologicznym bez konieczności wykonywania szczelin roboczych.

Konstrukcja nawierzchni została zaprojektowana w taki sposób, aby uzyskać trwałość zmęczeniową taką samą jak dla nawierzchni klasycznej, w tym celu zmniejszono wymiar grubości płyty betonowej do 21cm. Schemat konstrukcji nawierzchni przedstawiono na rys. 5.1.

KR 4



Rys. 5.1. Konstrukcja nawierzchni o zbrojeniu ciągłym dla wariantu 1.1 oraz 1.3.

6. Konstrukcja płyty betonowej ze zbrojeniem rozproszonym

Termin „beton wzmocniony włóknem” FRC (Fiber-Reinforced Concrete) został zdefiniowany przez ACI 116 R Cement and Concrete Terminology, jako beton zawierający zdyspergowane, losowo zmieszczone włókna. Zgodnie z terminologią przyjętą przez ACI (American Concrete Institute), a ściślej przez jego odrębną komisję: Committee 544, Fiber Reinforced Concrete, istnieją cztery kategorie FRC w zależności od użytych do zbrojenia włókien:

- SFRC – z włóknami stalowymi
- GFEC – z włóknami szklanymi
- SNFRC – z włóknami syntetycznymi, w tym węglowymi
- NFRC – z włóknami naturalnymi

W dla zatok autobusowych rekomendowane są włókna polipropylenowe SNFRC. Odrzucono włókna stalowe z uwagi na ich negatywne właściwości w strefie kontaktu z atmosferą i środkami odladzającymi. Korozja powoduje wnikanie wody do konstrukcji.

Włókna GFRC i NRFC są mało w Polsce wykorzystywane do nawierzchni drogowych.

Podstawowym celem tworzenia fibrobetonów jest zwiększenie odporności materiałów na pękanie. W celu zatrzymania propagacji rys wprowadza się uzbrojenia w postaci krótkich włókien, siatek oraz mat. Fibrobeton po zarysowaniu matrycy może przenieść jeszcze znaczne obciążenia rozciągające. Rysy nie propagują się swobodnie, są zatrzymywane przez włókna. Długie mikrowłókna, rozproszone w kompozycie istotnie zwiększają wytrzymałość na rozciąganie.

Ustalając receptę należy zwracać uwagę na urabialność mieszanki.

Własności materiałowe włókna polipropylenowego

- Grubość: ok. 7,0 den
- Średnica: 34- 36 μm
- Długość cięcia włókna : 6 mm, 12 mm, 19 mm
- Materiał: polipropylen C3H6
- Gęstość: 0,91-0,95 g/cm^3
- Wytrzymałość na rozciąganie: 450 N/mm^2
- Profil włókna: okrągły

- Nasiąkliwość: 0%
- Odporność chemiczna: pełna
- Barwa: przejrzysto - biała
- Rozprowadzanie w betonie: bardzo dobre
- Dozowanie: 0,9 kg na 1 m³ betonu (włókna długości: 6 mm, 12 mm, 19 mm)

Są produkowane w ciągłym procesie wytłaczania żywicy homopolimeru polipropylenowego. Włókna są specjalnie powlekane w celu zwiększania zwilżalności i łatwości dyspergowania w zaprawie cementowej oraz wzrostu powierzchni kontaktu o siły wiązania pomiędzy włóknami a utwardzoną masą betonową.

Włókna polipropylenowe wykorzystywane do stosowania w mieszankach betonowych w celu redukcji występowania plastycznego pęknięcia skurczowego i spękania powierzchniowego oraz polepszenia własności betonu. Mogą być stosowane jako zamiennik tradycyjnego zbrojenia przeciwskurczowego siatkami stalowymi.

Betony zbrojone włóknami polipropylenowymi nadają się również do wykonywania remontów:

- posadzek przemysłowych i placów fabrycznych,
- nawierzchni silnie obciążonych odcinków dróg i autostrad,
- nawierzchni ramp kontenerowych,
- nawierzchni lotnisk,
- budowli wodnych, np. jazów, przelewów itp.
- budowli morskich, np. falochronów, nadbrzeży itp.
- prefabrykatów, np. kręgów, płyt, ścian oporowych, elementów obudowy tuneli.

Właściwości betonów z dodatkiem włókien polipropylenowych:

W stanie plastycznym:

- plastyczne pęknięcie skurczowe: redukcja o 83 - 95 %
- odsączanie: redukcja wsp. odsączania o 35 - 45 %
- skurcz: redukcja osiadania plast. o 27 - 32 %

W stanie utwardzonym:

- udarność: wzrost o 47 - 55 %
- twardość: wzrost o 3 - 8 %
- odporność na ścieranie: wzrost o 15 - 52 %

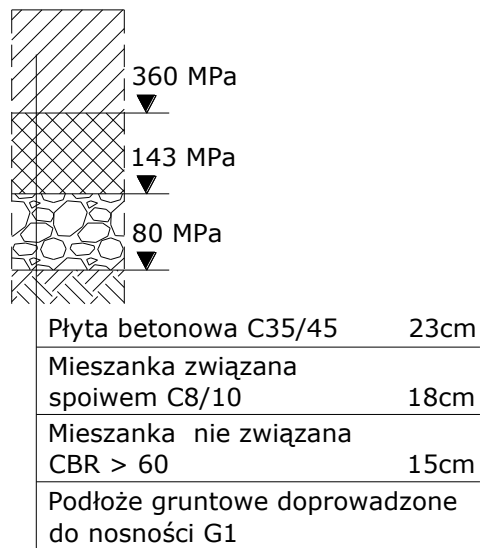
- mrozoodporność (50 cykli): wzrost o 82 - 90 %
- przepuszczalność powierzchniowa: redukcja o 33 - 79 %

Stosowanie włókien syntetycznych nie wymaga żadnych zmian w dotychczasowych technologiach i urządzeniach. Gwarantowana jednorodność masy betonowej następuje w czasie ok. 5 min. mieszania w typowej mieszarce. Zalecana dawka włókien to 0,6 do 0,9 kg na 1 m³ betonu. Proces wzmacniania betonu włóknami jest procesem mechanicznym. Przy dodawaniu do mieszanki betonowej włókien nie jest wymagana żadna dodatkowa ilość wody. Włókna nie wpływają na szybkość hydratacji i czas twardnienia betonu. Są produkowane w formie wiązki powiązanych splotek. Podczas dodawania ich do mieszanki betonowej siły występujące w trakcie mieszania powodują rozpad wiązek na miliony niezależnych włókienek. Włókna te są równomiernie rozmieszczone we wszystkich kierunkach, wprowadzając skuteczne wtórne zbrojenie kontrolujące pękanie skurczowe. Włókna syntetyczne można stosować ze wszystkimi domieszkami i dodatkami do betonu, **jednak nie powinny być używane zamiast zbrojenia nośnego ani w celu zmniejszenia przekrojów betonowych.**

Powierzchnie elementów wykonanych z mieszanek betonowych z dodatkiem włókien mogą być wyrównywane, zacierane przy pomocy typowych narzędzi ręcznych lub mechanicznych aż do osiągnięcia gładkich, pozbawionych widocznych włókien powierzchni.

W przypadku zastosowania płyty ze zbrojeniem rozproszonym (FRC) grubość konstrukcji nawierzchni dla wariantu 1.1 oraz 1.3 tj. dla przystanku autobusowego w zatoce o długości 20m oraz w pasie przejazdowo postojowym o długości 20m nie ulegnie zmianie w stosunku do konstrukcji z mieszanki klasycznej. Schemat układu konstrukcji nawierzchni przedstawiono na rys. 6.1.

KR 4



Rys. 6.1. Konstrukcja nawierzchni dla wariantu 1.1 oraz 1.3.

7. Mieszanka betonowa o skróconym czasie wiązania

Jako mieszankę o skróconym czasie wiązania dla służb konserwacyjno – utrzymaniowych do interwencyjnych napraw nawierzchni betonowych zatok i pętli autobusowych zaprojektowano mieszankę na spoiwie żywicznym, występującą w postaci zaprawy żywicznej lub betonu żywicznego, zależnie od grubości układanej warstwy. Kruszywo wykorzystywane do zapraw i betonów żywicznych powinno być płukane i pozbawione zanieczyszczeń ilastych. Dobór ilości składników należy każdorazowo przeprowadzać zgodnie z wymaganiami producenta żywicy. Przykładowy skład obu mieszanek przedstawiono w tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Skład zaprawy i betonu żywicznego.

Grubość warstwy		Ilość środka wiążącego (żywica + utwardzacz) W stosunku do wagi kruszywa	Rodzaj kruszywa i uziarnienie
Zaprawy	do 2mm	16 %	piaski średnie do 1mm
	od 2 do 10 mm	10 %	piaski grube do 3mm
Betony	od 10 do 20 mm	8 %	piaski grube i żwir do 7mm
	Powyżej 20 mm	6 %	piaski grube i grysy 2-6, 5-8, 8-16

Ilość składników zaprawy lub betonu należy ustalić w następujący sposób

- Ilość kruszywa w zależności od ilości potrzebnego materiału naprawkowego (czas wykorzystania 30min)
- Ilość wypełniacza (cementu) wynosi 1,5% wagi kruszywa
- Ilość żywicy Epidian 5 należy ustalić z równania (7.1)

$$\dot{Z} = 0,875 \frac{P}{100} (K + W) \quad (7.1)$$

gdzie:

\dot{Z} – ilość żywicy

P – procentowa ilość środka wiążącego z tabeli 7.1

K – masa kruszywa

W – masa wypełniacza

- Ilość utwardzacza Z1 należy ustalić z równania (7.2)

$$U = 0,875 \frac{P}{100} (K + W) \quad (7.2)$$

gdzie:

\dot{Z} – ilość utwardzacz

P – procentowa ilość środka wiążącego z tabeli 7.1

K – masa kruszywa

W – masa wypełniacza

- Ilość upłynniacza wynosi w zależności od potrzeb maksymalnie 10 % masy żywicy

Kolejność mieszania składników:

- Upłynnienie żywicy poprzez mieszanie z upłynniaczem
- Wymieszanie na sucho frakcji kruszywa z wypełniaczem
- Dodanie upłynnionej żywicy do kruszywa
- Wymieszanie oby składników w celu uzyskania jednorodnej mieszanki
- Dodanie do przygotowanej kompozycji utwardzacza
- Dokładne wymieszanie mieszanki mineralno-żywicznej.

7. Mieszanka betonowa dla nawierzchni wykonywanych w niskich temperaturach

W przypadku wykonywania nawierzchni betonowej w niskich temperaturach (do 0°C) należy na etapie produkcji wstępnie podgrzać mieszankę betonową. Temperaturę grzania oraz długość podgrzewania mieszanki musi ustalić zakład dostarczający mieszankę betonową, na podstawie warunków klimatycznych w jakich będzie wbudowana mieszanka.

Po wbudowaniu mieszanki należy ją niezwłocznie przykryć folią oraz styropianem o grubości min 150mm, tak aby mieszanka betonowa nie traciła ciepła hydratacji przez okres wiązania. Nawierzchnię należy trzymać pod okryciem przez cały okres dojrzewania betonu tj. 28 dni. W czasie okresu dojrzewania betonu temperatura powietrza nie może spaść poniżej 0°C. Jeżeli przewidywane są spadki temperatury to nad nawierzchnią należy ustawić namioty i zainstalować system grzewczy, który będzie utrzymywał w namiocie temperaturę min 5°C.

9. Wytyczne wymiany uszkodzonych płyt nawierzchni dyblowanej

Płyta betonowa kwalifikująca się do wymiany doznała uszkodzeń strukturalnych. Do grupy uszkodzeń strukturalnych należą takie wady, które znacząco wpływają na geometrię i pracę betonowych elementów nawierzchni, szczególnie te, które zaburzają ciągłość płyt i osłabiają przekrój elementu. Należą do nich:

1. Pęknięcia płyt przebiegające przez całą grubość warstwy betonowej, dzieląc płytę na mniejsze fragmenty, które zaczynają pracować niezależnie, powodują progi w nawierzchni, obniżające komfort jazdy lub mogące przyczynić się do awarii zawieszenia pojazdów. Powstaje szczelina, do której dostają się zanieczyszczenia, które wraz z wodą mają swobodę penetracji aż do warstwy podbudowy. Krawędzie są podatne na obrywanie, co potęguje efekt niszczenia nawierzchni. Istnieją dwa podstawowe typy pęknięć - w narożach i poprzeczne. Przyczyną pęknięcia płyt jest kilka zjawisk: występowanie odkształceń i naprężeń termicznych związanych z dobowym i rocznym cyklem zmian temperatury, naprężenia termiczne wynikające z ograniczonej swobody podłużnego odkształcania się płyt, wadliwe podparcie płyty spowodowane niejednorodnością podbudowy związaną z nierównym zagęszczeniem lub działaniem wody.
2. Klawiszowanie występujące na skutek nierównego podparcia płyt przy krawędziach (częste w przypadku konstrukcji niedyblowanych) powoduje powstanie

poprzecznego progu w nawierzchni. Jest niekorzystne dla trwałości nawierzchni - zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia spękań płyt, obrywanie krawędzi i przyczynia się do degradacji wypełnienia szczeliny dylatacyjnej. Może być spowodowane niedbałym zagęszczeniem podbudowy czy zjawiskiem „pompowania” hydrodynamicznego, kiedy to woda gromadząca się pod dylatacją na skutek dynamicznego obciążenia kołami pojazdów jest pompowana przez szczelinę dylatacyjną, wypłukując drobne frakcje z podbudowy. Następuje erozja materiału podbudowy w okolicy szczeliny poprzecznej, a płyty zaczynają klawiszować.

3. Degradacja szczelin dylatacyjnych, np. zmiana geometrii dylatacji, może być spowodowana nadmiernym klawiszowaniem lub poziomym przemieszczeniem krawędzi płyt. Prowadzi to do powstania progów, uskoków i nieciągłości. Zmniejsza komfort i bezpieczeństwo jazdy, a także powoduje pogorszenie współpracy krawędzi płyt z materiałem uszczelniającym, co prowadzi do penetracji wody i zanieczyszczeń w głąb dylatacji i do warstwy podbudowy. Kiedy dylatacja wypełnia się materiałem obcym, takim jak okruchy betonu, pyły, gleba, przestaje prawidłowo pracować. Płyty betonowe zostają pozbawione swobody odkształceń, co powoduje występowanie naprężeń termicznych. Zanieczyszczone szczeliny, zwłaszcza zarośnięte drobną roślinnością, utrzymują wysoką wilgotność, co przyspiesza korozję mrozową betonu i reakcję alkalia - krzemionka.
4. Wysadziny, które skutkują najczęściej klawiszowaniem lub pękaniem płyty ze względu na zmianę warunków podparcia. Spowodowane są wadliwym działaniem dylatacji. Płyty nie mają swobody odkształceń termicznych - jeśli nie popękają, to w pewnych miejscach zostają wysadzone do góry.
5. Degradacja wgłębna, czyli lokalne lub globalne obniżenie parametrów wytrzymałościowych materiału, występuje gdy mieszanka betonowa jest układana po rozpoczęciu procesu wiązania. Układanie i zagęszczanie niszczy powstającą strukturę hydratów.
6. Wykruszenia krawędzi - uszkodzenie charakterystyczne dla poprzecznych szczelin dylatacyjnych polega na odspajaniu się materiału z obrzeża płyty. Może być spowodowane korozją lub błędami wykonawczymi (zbyt wczesne nacięcie dylatacji przed uzyskaniem przez beton odpowiedniej wytrzymałości)
7. - Rozwarstwienia - wady polegające na niejednorodności betonu na grubości płyty - są skutkiem segregacji mieszanki betonowej spowodowanej niewłaściwie

zaprojektowanym betonem, „poprawianiem” konsystencji przez dodawanie wody lub złym zagęszczeniem („przewibrowanie” mieszanki).

8. Pustki wewnętrzne, czyli duże pęcherze powietrza zamknięte w betonie, istotnie zmniejszają wytrzymałość materiału. Ich obecność wskazuje na źle przeprowadzone zagęszczanie, podczas którego mieszanka betonowa nie została prawidłowo odpowietrzona. Zdarzają się również wtrącenia obce, które lokalnie pogarszają właściwości betonu - głównie wytrzymałość. Zazwyczaj pochodzą z zanieczyszczeń kruszywa (np. grudki gliny, części organiczne lub śmieci), mogą się też dostać do betonu w czasie jego układania, skutkiem niskiej kultury wykonywania nawierzchni.
9. Spękania przyszczelinowe występują jako spękania w okolicy szczeliny dylatacyjnej, równoległe do niej, towarzyszą im zabarwienia betonu na ciemny szaro-brunatny kolor. Powodują je nasiąkliwe ziarna kruszywa grubego, poddane wielokrotnemu cyklowi zamrażania - rozmrażania, które pęczniąc i pękając, powodują powstanie drobnych rys w zaczynie cementowym. Pęknięcia powstają w dolnej części płyty, przy krawędziach i propagują do góry.

Pęknięcie płyty to powstanie dwóch mniejszych płyt które obciążenia przekazują na mniejszą powierzchnię, a więc pod płytą powstają większe naprężenia które powodują szybsze przekroczenie naprężeń dopuszczalnych które przewidywał projektant płyty. To powoduje przyspieszoną i całkowitą degradację płyty.

Konieczność wymiany płyt zachodzi wówczas, gdy żadna z wcześniejszych metod naprawy nie gwarantuje uzyskania i spełnienia pożądanej trwałości i właściwości eksploatacyjnych. Wymiana może dotyczyć całości płyt lub tylko fragmentów. Wymiana całych płyt betonowych składa się z następujących etapów:

- nacięcie piłą uszkodzonej płyty betonowej wraz z dyblami i kotwami po jej wewnętrznej stronie z wyznaczeniem bezpiecznej strefy skuwania w celu uniknięcia uszkodzeń sąsiednich płyt,
- usunięcie uszkodzonej płyty przez mechaniczne kucie wyciętego uszkodzonego fragmentu płyty oraz ręczne usuwanie pozostałego betonu w strefie dylatacyjnej, sąsiadującej z innymi płytami w celu uniknięcia uszkodzeń tych płyt,
- usunięcie wypełnień szczelin dylatacyjnych oraz oczyszczenie krawędzi sąsiadujących płyt,
- naprawa lub wymiana, konstrukcji warstw niższych.

- wywiercenie nowych otworów w sąsiadujących płytach na kotwy i dyble oraz ich wklejenie,
- ułożenie warstwy separacyjnej zapobiegającej przed spękaniem odbitymi oraz odprowadzającej wodę,
- W miejscach starych szczelin dylatacyjnych wstawienie nowych wkładek dystansowych, wykonanych z materiału sprężystego.
- wbudowanie, zagęszczenie i wyrównanie mieszanki betonowej spełniającej wszystkie wymagania związane z trwałością betonu stawiane wcześniej usuniętej płycie,
- teksturowanie wymienionej powierzchni płyty w celu ujednolicenia z pozostałą częścią nawierzchni, by spełniała wymagania eksploatacyjne,
- pielęgnacja,
- odnowienie szczelin dylatacyjnych oraz ich wypełnienie masą zalewową.

Wymienione płyty (ich części) powinny być takiej samej grubości jak płyty sąsiednie, zaś krawędzie wymienionych części płyt powinny być równoległe do szczelin podłużnych (lub poprzecznych) na całej długości(szerokości) płyt.

Szerokość wbudowanych nowych fragmentów (części) płyt powinna być większa od 1 metra. Przy odnawianiu (wymianie) płyt albo części płyt, których długość jest większa od 6 metrów, celowe jest zastosowanie dodatkowych szczelin poprzecznych.

Wymienione płyty (ich części) powinny być wykonane z betonu o podobnych właściwościach jak w sąsiednich (istniejących) płytach.

Zaleca się wykonywanie nowych płyt (części płyt) w temperaturach od 10 do 20⁰C, by zmniejszyć ryzyko zwiększonego rozwarcia się szczelin skurczowych, przy betonowaniu w wyższych temperaturach.

10. Naprawy typowych uszkodzeń nawierzchni betonowych.

Wykaz typowych uszkodzeń nawierzchni betonowej:

- 1) Odpryski i ubytki pomarglowe,
- 2) Obłamane krawędzie i naroża,
- 3) Złuszczenia nawierzchni różnego pochodzenia,
- 4) Wyrwanie ziaren kruszywa i ubytki nawierzchni różnego pochodzenia,
- 5) Stare naprawy, łaty itp.,

- 6) Stare wypełnienia i uszkodzenia szczelin dylatacyjnych poprzecznych i podłużnych,
- 7) Pęknięcia,
- 8) Pęknięcia włosowate,
- 9) Pionowe przemieszczenia płyt lub ich fragmentów,
- 10) Reakcje alkaiczne w betonie,

Poniżej zostaną omówione przyczyny powstawania tego typu uszkodzeń i sposoby ich naprawy.

Odpryski i ubytki

Odpryski i ubytki tzw. „pomarglowe” to brakujące, małe (średnica 2 - 10 cm, głębokość 1 - 5 cm) fragmenty materiału, które straciły spójność z resztą płyty w wyniku obecności drobnych pęczniejących zanieczyszczeń (grudek gliny, materiału organicznego, drobin węgla itp.) w piasku lub kruszywie użytym do produkcji betonu.

Naprawa obejmuje:

- 1) Oczyszczenie i usunięcie słabo związanych ziaren betonu, w sytuacji gdy proces erozji nie przebiegł do końca, luźne resztki, fragmenty należy usunąć;
- 2) Pokrycie powierzchni materiałem gruntującym;
- 3) Wypełnienie ubytków zaprawą na bazie żywicy epoksydowej;
- 4) Zagęszczenie ułożonej zaprawy;
- 5) Oczyszczenie nawierzchni;

Przy naprawie uszkodzeń należy przyjąć zasadę, że na danej płycie muszą być naprawione jednorazowo wszystkie uszkodzenia. Zastosowanie materiałów zgodnie z obowiązującymi normami, aprobatą techniczną oraz przestrzeganie zaleceń producenta.

Oblamane krawędzie i naroża

Wykruszenia i oblamania w odległości do 10 cm od krawędzi. Zazwyczaj pęknięcia te nie obejmują całej głębokości płyty, lecz przecinają jej boczną powierzchnię. Oblamania płyt w narożach mogą zostać spowodowane zbyt dużym obciążeniem ruchu kołowego w miejscach nierówności podbudowy. Drugą przyczyną powstawania tego zjawiska są naprężenia termiczne, powodujące unoszenie się naroży płyty. Głębokie pęknięcia naroży mogą przyczyniać się również do ich klawiszowania się tzn. powstania niebezpiecznego dla ruchu kołowego progu o wysokości 2–3 cm.

Naprawa polega na zabezpieczeniu szczelin przed wnikaniem wody opadowej w głąb nawierzchni. Odlamania większe od kilku centymetrów zostaną usunięte, a ubytki po nich powstałe zostaną wypełnione materiałem naprawczym.

Naprawianemu fragmentowi zostanie nadana regularna forma w planie, krawędzie zostaną ukształtowane pionowo.

Naprawa obłamanych krawędzi obejmuje:

- 1) Oczyszczenie powierzchni,
- 2) Pokrycie preparatem gruntującym,
- 3) Przygotowanie i postawienie elementów szalunku w zależności od wielkości naprawianej powierzchni,
- 4) Wypełnienie ubytków z materiału na bazie żywic epoksydowych,
- 5) Wyjęcie i demontaż szalunku oraz uzupełnienie masy zalewowej w szczelinie.

Naprawa obłamanych naroży, których powierzchnia zajmuje do $0,5\text{m}^2$ polega na wyburzeniu odlamanych i najczęściej spękanych naroży oraz całkowitej ich odbudowie, bądź na wykorzystaniu starych naroży jako podbudowy pod warstwę wyrównującą, wykonaną z materiału naprawczego.

Naprawa przez wyburzenie sprowadza się do następujących czynności:

- 1) Całkowitego usunięcia uszkodzonego naroża,
- 2) Naprawy podbudowy i ewentualnie podłoża,
- 3) Obrobienie płaszczyzny odlamu i pokrycie tej płaszczyzny preparatem gruntującym,
- 4) Odeskowanie naroży i wypełnienie całej objętości materiałem naprawczym.

Naprawa naroży większych od $0,5\text{m}^2$ bez ich wyburzania będzie zależała od głębokości uszkodzenia, przemieszczenia naroża.

Uszkodzenie naroża bez przemieszczeń pionowych będzie polegało na uszczelnieniu pęknięć masą zalewową.

Przemieszczenie pionowe naroża na głębokość 2-3 cm, zastosowane zostaną cienkie nakładki z zapraw lub betonów epoksydowych, głębsze zapadnięcia zostaną wyrównane betonem epoksydowym, rozwartość pęknięcia większa od 15mm kwalifikuje płytę do wymiany.

Przy naprawie obłamanych naroży rodzaj materiału naprawczego powinien być dobrany w zależności od rodzaju uszkodzenia i charakteru pracy płyty. W przypadku konieczności

przywrócenia monolitycznego charakteru pracy płyty, zastosowany zostanie beton epoksydowy.

Złuszczenia nawierzchni różnego pochodzenia

W celu naprawy powierzchni złuszczonych powinna być zastosowana metoda pozwalająca ograniczyć i zahamować procesy korozji powierzchni betonu. W tym celu powinna zostać użyta kompozycja nasączająca, która ograniczy penetrację wody i jej roztworów w strukturę betonu. Działanie środka zabezpieczającego polega na zamknięciu powierzchni, przez co beton staje się mniej nasiąkliwy oraz bardziej mrozoodporny, co z kolei przekłada się na jego trwałość. Kompozycja gruntująca powinna związać i spoić powierzchniowe ziarna kruszywa. Kompozycja gruntująca może być nakładana ręcznie lub mechanicznie. Nakładanie ręczne polega na równomiernym rozprowadzeniu preparatu na starannie oczyszczoną powierzchnię przy pomocy pędzla. Rozkładanie mechaniczne może być wykonane przy wykorzystaniu spryskiwaczy, wymagana jest wtedy płynniejsza konsystencja preparatu. W sytuacjach gdy naprawa mogłaby spowodować pogorszenie współczynnika tarcia nawierzchni, to należy dodatkowo uszorstnić zagruntowaną powierzchnię cienką warstwą piasku łamanego. W przypadku uszkodzeń głębszych niż 3mm, oprócz zagruntowania, zdefektowaną strukturę powierzchni należy zabezpieczyć zaprawą lub betonem epoksydowym. Zaprawę lub beton epoksydowy, zależnie od wielkości naprawionej powierzchni, nałożyć przy pomocy szpachli a następnie rozprowadzić za pomocą packi stalowej, wyrównanie powierzchni przeprowadzić do profilu płyty i uszorstnić za pomocą szczotki.

Naprawa obejmuje:

- 1) Oczyszczenie łuszczącej się części nawierzchni i usunięcie słabo związanych ziaren betonu
- 2) Pokrycie powierzchni kompozycją gruntującą
- 3) Wypełnienie ubytków masą na bazie żywicy epoksydowej lub wysokowytrzymałościową szpachlówką cementową typu PCC
- 4) Zagęszczenie ułożonej zaprawy
- 5) Uszorstnienie ułożonej zaprawy piaskiem lub żwirkiem kwarcowym (frakcje 0,5/1 0,8/2)
- 6) Oczyszczenie nawierzchni, usunięcie niezwiązanego kruszywa

Wyrwanie ziaren kruszywa, ubytki nawierzchni, wymiana starych napraw (łat nawierzchni)

Wyrwanie ziaren kruszywa i ubytki betonu to przede wszystkim brakujące, małe (średnica 2 - 5 cm, głębokość 1 - 5 cm) fragmenty materiału, które straciły spójność z resztą płyty, jednakże zdarzają się również większe ubytki nawierzchni. Przyczyną powstawania tych uszkodzeń może być zapylenie kruszywa, które zostało użyte do produkcji betonu nawierzchniowego - kruszywo często ulega wtórnemu zapyleniu podczas transportu i magazynowania. W osłabionej strefie kontaktowej kruszywo – stwardniały zaczyn mogą powstawać spękania w skutek powtarzalnego zamarzania i odmrażania w obecności wody, dochodzi wtedy do zarysowań, pęknięć i odprysków betonu.

Naprawa obejmuje:

- 1) Przygotowanie i oczyszczenie dna ubytku, ewentualnie usunięcie poprzez wycięcie starej łąty i oczyszczenie dna z pozostałości,
- 2) Naniesienie środka gruntującego na dno i ściany wyboju,
- 3) Wypełnienie ubytku zaprawą lub betonem na bazie żywicy epoksydowej,
- 4) Ewentualne wykończenie powierzchni cienką warstwą żywicy epoksydowej uszorstnionej piaskiem łamanym.

Stare wypełnienia i uszkodzenia szczelin dylatacyjnych poprzecznych i podłużnych

Szczeliny dylatacyjne podłużne jak i poprzeczne powinny zostać wypełnione masą zalewową. Stary materiał wypełniający szczelinę kwalifikuje się do wymiany jeśli nie spełnia wymagań szczelności, tj. zabezpieczenia przed przenikaniem wody w głąb nawierzchni oraz przed wnikaniem w szczelinę odłamków, które mogłyby utrudnić ruchy płyt i je uszkodzić. Wizualnym objawem braku szczelności jest popękane wypełnienie (masa lub wkładka) w szczelinie i nieprzyleganie masy lub wkładki do ścian szczeliny.

Doświadczenia eksploatacyjne wskazują że dobrze dobrana i położona masa zalewowa wytrzymuje 4-6 lat w zależności od intensywności i rodzaju ruchu.

Powyżej 6 lat masa zalewowa wykazuje objawy starzenia nawet na nawierzchnia o małym ruchu. Czynnikiem decydującym są wtedy warunki atmosferyczne (promienowanie UV, mrożenie i nagrzewanie masy), środki odladzające, zamulenie i rośliny.

Rodzaje uszkodzeń wypełnień szczelin dylatacyjnych:

- 1) Brak uszczelnienia w szczelinie umożliwiającą gromadzenie się w niej nieściśliwych materiałów oraz przedostawanie się wody,
- 2) wyrwanie, wypchnięcie uszczelnienia,

- 3) wciśnięcie uszczelnienia,
- 4) porośnięcie roślinnością,
- 5) stwardnienie wypełniacza,
- 6) odklejenie od brzegów płyt,
- 7) rozsuniecie się płyt.

Wymiana masy zalewowej polega na starannym usunięciu starej masy, oczyszczeniu ścianek szczeliny i ewentualnej naprawie uszkodzonych krawędzi lub naroży płyt, po czym ponownym zalaniu szczeliny masą zalewową. Na długich i prostych odcinkach stara masa zalewowa powinna zostać usunięta w sposób mechaniczny, natomiast w lokalizacjach, gdzie przebieg szczeliny ma załamania, czynności te powinny być wykonane ręcznie. Gdy jest to możliwe, masę powinno się usuwać przy stosunkowo niskich temperaturach otoczenia, gdy masa jest krucha i mało ciągliwa. Usunięta ze szczeliny masa nie powinna być składowana na nawierzchni. Po usunięciu masy ścianki szczeliny powinny zostać bardzo starannie oczyszczone, przemyte i osuszone. Szczeliny powinny zostać wypełnione w taki sposób aby formując wypełnienie zachowany został menisk wklęsły.

Naprawa obejmuje:

- 1) Usunięcie starej masy zalewowej, kordu ewentualnie profili uszczelniających,
- 2) Oczyszczenie szczelin (należy zebrać resztki masy zalewowej z nawierzchni),
- 3) Odbudowę wykruszonych lub odłamanych krawędzi naroży płyt,
- 4) Oczyszczanie szczeliny sprężonym powietrzem,
- 5) Zagruntowanie szczeliny,
- 6) Wypełnienie szczeliny kordem,
- 7) Wypełnienie szczeliny dylatacyjną masą zalewową, ewentualne posypanie szczeliny sypkim materiałem w celu szybkiego oddania do ruchu.

Pęknięcia betonowych płyt

Pęknięcia poprzeczne i podłużne płyt betonowych powstają w procesach zmęczeniowych przy negatywnym oddziaływaniu przede wszystkim: temperatury tj. pracy płyty (rozszerzalności termicznej) w zależności od temperatury (paczanie się płyt) oraz obciążenia ruchem pojazdów w szczególności w słabych miejscach podbudowy. Pęknięcia różnego kształtu, niekontrolowane rysy są narażone na wnikanie wody i dalsze procesy korozyjne betonu.

Pęknięcia o rozwarości do 0,3 mm należy zaliczyć do pęknięć włosowatych, często tworzących tzw. siatkę spękań.

Pęknięcia o rozwartości od 0,3 do 5 mm zostaną zainiektowane zaprawą żywiczną, natomiast pęknięcia od 5 do 15 mm zostaną rozfrezowane kopiując przy tym przebieg pęknięcia oraz wypełnione masą zalewową. Pęknięcia od 0,3 do 5mm powinny być naprawiane przez rozkucie pęknięć i ponowne wypełnienie. Naprawa pęknięć polega na ich starannym oczyszczeniu strumieniem sprężonego powietrza i dla pęknięć mających nieregularny kształt, odpowiednim nacięciu nadającym im możliwie regularny przebieg, po czym wypełnienie ich odpowiednimi zalewami żywicznymi lub zaprawami epoksydowymi. Dla pęknięć o rozwartości większej od 5mm i mniejszej niż 15mm sposób postępowania powinien być analogiczny jak przy zalewaniu szczelin dylatacyjnych masą zalewową.. Jeżeli wystąpi zjawisko przemieszczania się pionowego krawędzi płyt, zabiegi remontowe polegać będą na wyrównaniu tych krawędzi poprzez frezowanie krawędzi przy ich podniesieniach, nakładkach wyrównawczych przy obniżeniach, dyblowaniu pionowym.

Naprawa obejmuje:

- 1) Poszerzenie szczeliny przez cięcie i frezowanie do odpowiedniego wymiaru szczeliny,
- 2) Oczyszczenie szczeliny,
- 3) Wypełnienie szczelin zaprawami epoksydowymi lub masą zalewową.

Podczas wykonywania robót powinny być spełnione następujące warunki:

- jeżeli producent materiałów nie podaje inaczej, to prace powinny być prowadzone w temperaturze nie niższej niż +5°C i nie wyższej od 30°C. Nie wolno naprawiać powierzchni konstrukcji betonowych pokrytych miejscowo szronem (dotyczy materiałów stosowanych w ujemnych temperaturach),
- niedopuszczalne jest wykonywanie prac podczas złej pogody - silnego wiatru, deszczu, we mgle oraz przy pojawiającej się na powierzchni betonu rosie. Wilgotność względna podczas wykonywania robót naprawczych powinna być zgodna z zaleceniami producenta materiału naprawczego lub nie będzie przekraczała 80%.

W zależności od warunków pogodowych w pracach naprawczych powinny zostać użyte materiały odpowiednie dla tych warunków.

Pęknięcia włosowate – siatka spękań

Siatka spękań powstaje wskutek cyklicznych oddziaływań procesów zamrażania / rozmrażania, może także pojawić się podczas układania betonu w warunkach wysokich temperatur, spowodowana szybkim odparowaniem wody w warstwie przypowierzchniowej (niedostateczna pielęgnacja). Dalsza korozja przypowierzchniowej

siatki spękań pod wpływem wody przy przejściach temperatury przez 0°C powoduje złuszczenia materiału odsłaniając i narażając następne warstwy betonu.

Pęknięcia włosowate pokrywa się preparatem hydrofobowym, nakładanym ręcznie przy pomocy pędzla lub poprzez mechaniczny natrysk. W celu zabezpieczenia powierzchni betonowej przed niszczącym oddziaływaniem zamrażania/rozmrażania na całym remontowanym odcinku zostanie wykonany natrysk hydrofobowy.

Naprawa obejmuje:

- 1) Natrysk hydrofobowy - zabezpieczenie powierzchni betonu przed szkodliwym oddziaływaniem czynników fizycznych, chemicznych i mechanicznych
- 2) Zastosowanie materiału posiadającego aprobatę IBDiM lub ITWL
- 3) Przed przeprowadzeniem hydrofobizacji wykonanie niezbędnych napraw powierzchni, likwidacji ubytków i błędów powierzchni obniżających jej standard wizualny.

Pionowe przemieszczenia płyt lub ich fragmentów

Pionowe przesunięcia płyt lub ich części mogą pojawić się w obrębie szczelin dylatacyjnych lub pęknięć w miejscach, w których została uszkodzona warstwa podbudowy.

Przemieszczenie pionowe płyty lub jej części względem płyt

(fragmentów) sąsiednich, zwłaszcza w płaszczyźnie prostopadłej do osi jezdni, większe od 20mm należy uznać za obniżające bezpieczeństwo ruchu pojazdów.

Jeżeli wystąpi zjawisko przemieszczania się pionowego krawędzi płyt, zabiegi remontowe powinny polegać na wymianie, odbudowie zapadniętej płyty. Dodatkowe zabiegi remontowe w uzasadnionych przypadkach i za zgodą Inżyniera: frezowanie krawędzi lub nakładki wyrównawcze z mas epoksydowych.

Reakcje alkaiczne w betonie

Właściwości fizyko mechaniczne kruszywa jako podstawowego składnika betonu w zasadniczym stopniu wpływają na zachowanie betonu w konstrukcjach. Uważa się, że właściwość ta ma znaczący wpływ na trwałość betonu i jego wytrzymałość. Reaktywność alkaliczna definiowana jest jako:

- skłonność niektórych składników kruszyw do reagowania z alkaliami pochodzącymi z cementu; w wyniku tych reakcji może wystąpić w betonie szkodliwa ekspansja prowadząca do jego destrukcji, lub zróżnicowane zjawiska chemiczne i fizyczne prowadzące do destrukcji skał.

Kruszywo potencjalnie reaktywne jest to kruszywo zawierające minerały lub skały reagujące z alkaliowymi zawartymi w cemencie. Ze względu na sposób produkcji cementu reaktywność

alkaliczna stanowi problem coraz częściej spotykany. Wczesne, prawidłowe wykrycie zjawiska jest bardzo istotne ze względu na trwałość nawierzchni betonowej.

W wyniku reakcji alkalia–kruszywo wokół ziarna powstają otoczki żelu, które pęcznieją pod wpływem wilgoci wywołując naprężenia, mogą one wywołać zarysowania, spękania. Towarzyszyć temu może pojawienie się wykwitów, plam, nacieków. W dalszej kolejności może dojść do powstania mikroszczelin, odprysków, odspojenia ziaren kruszywa efektem jest obniżenie trwałości betonu. Objawami reakcji są: powstawanie otoczek wokół ziaren kruszywa, odspajania ziaren i zmiana ich objętości, zmiany składu fazowego, powstawanie mikroszczelin i szczelin, wykwitów i plam oraz odprysków na powierzchniach, a w rezultacie destrukcja elementów betonowych.

Stwierdzenie nawierzchni dotkniętej reaktywności alkaiczną kruszyw w zasadzie kwalifikuje taką nawierzchnię do wyburzenia. Proces jest bardzo trudny do zatrzymania a reakcje chemiczne zachodzą w całej objętości betonu.

Podstawowym czynnikiem zabezpieczającym przed tym zjawiskiem jest badanie kruszyw przeznaczonych do wykonania betonu na reaktywność alkaiczną

Konsekwentne stosowanie odpowiednich metod badawczych, w szczególności badania długotrwałego zachowania się w czasie betonu, stwarza możliwość zapobiegania wystąpienia, w czasie eksploatacji obiektów, szkodliwych dla betonu reakcji chemicznych. W Polsce to zjawisko jest dopiero rozpoznawane i nie ma jeszcze jednoznacznie sformułowanych metod badawczych. W poszczególnych krajach UE zostały opracowane obszerne dokumenty, opisujące metody badania tego zjawiska oraz sposób postępowania, dzięki któremu można zapobiec skutkom reaktywności alkalicznej. W Polsce problem na razie nie znalazł rozwiązania. Ważnym zadaniem jest sprawdzanie zastosowania w warunkach polskich nowych metod badań i oceny reaktywności kruszyw.

Przy wyborze metod badawczych należy skupić się na tych rekomendowanych metodach, ponieważ one będą funkcjonowały w Unii Europejskiej.

Materiały do wykonywania napraw

Materiały do wykonywania napraw betonu powinny być pakowane w oryginalne opakowania producenta. Na każdym opakowaniu powinna być umieszczona etykieta zawierająca dane: nazwę i adres producenta, nazwę wyrobu, oznaczenie, datę produkcji, masę netto, termin przydatności do użycia, informację o proporcji mieszania, sposób przechowywania, stosowania materiałów i zachowania przy tym niezbędnych środków ostrożności, bhp i ochrony środowiska. Materiały powinny być przechowywane w suchych,

chłodnych pomieszczeniach, w oryginalnych, szczelnie zamkniętych opakowaniach, z dala od źródeł ognia i elementów grzejnych, w warunkach zabezpieczających je przed nasłonecznieniem i wpływami atmosferycznymi. Przy wykonywaniu robót należy zawsze i bezwzględnie przestrzegać zaleceń technologicznych określonych przez producenta materiału. Zalecenia te zawarte są w kartach technicznych materiałów i opracowane przez jego producenta.

Sprzęt do wykonywania robót

Przystępując do remontu nawierzchni betonowej wykonawca powinien dysponować zestawem maszyn, urządzeń i narzędzi umożliwiającymi szybkie i zgodne z technologią wykonanie prac naprawczych.

Najważniejsze z nich to:

- Maszyny do przecinania płyt betonowych, dybli i kotew. Wykonawca powinien dysponować na budowie przecinarkami do betonu o mocy co najmniej 25 kW z diamentowymi tarczami tnącymi o średnicach umożliwiającymi przecięcie płyty na pełną grubość. Przecinarki winny być wyposażone w system odsysania zanieczyszczeń powstających w procesie cięcia na mokro i odprowadzenie (poza jezdnię) mułu powstałego podczas cięcia.
- Urządzenia do rozkruszania uszkodzonych płyt betonowych w celu wymiany ich fragmentów bądź całych płyt.
- Maszyny do załadunku i wywiezienia wyburzonego materiału.

W dyspozycji powinien znajdować się sprzęt do przygotowania powierzchni betonowej, jak niżej.:

- młotki, łomy, haki
- szczotki stalowe ręczne i obrotowe,
- szlifierki lub wiertarki do napędu szczotek obrotowych,
- aparatura doczyszczania czynnika strumieniowo-ściernego (piaskownica, sprężarka),
- groszkownicę lub śrutownicę,
- odkurzac,
- sprzęt do ewentualnej naprawy powierzchni – szpachle i kielnie do nakładania zapraw naprawczych,
- naczynia i wiadra blaszane do przygotowania materiału,
- mieszadło wolnoobrotowe do wymieszania składników w przypadku preparatów kilkuskładnikowych,
- piłę mechaniczną, piłę do cięcia stali,
- młot pneumatyczny,

- sprężarkę powietrza,
- agregat prądotwórczy
- cysternę z wodą,
- betoniarkę lub samochód do transportu betonu,
- wibratory listwowe i nurnikowe,
- wiertnicę do betonu do wykonywania otworów na dyble i kotwy,
- kocioł do przygotowania masy zalewowej wyposażony w system ogrzewania pośredniego (płaszcz olejowy) oraz mieszadło mechaniczne,
- suszarkę na gaz propan-butan do podgrzewania kruszywa,
- lancę termiczną do wypalania starej masy zalewowej, suszenia szczelin.,
- urządzenie do nakładania środka gruntującego metodą natrysku lub pędzle,
- sprzęt do transportu pomocniczego.

II CZĘŚĆ RYSUNKOWA