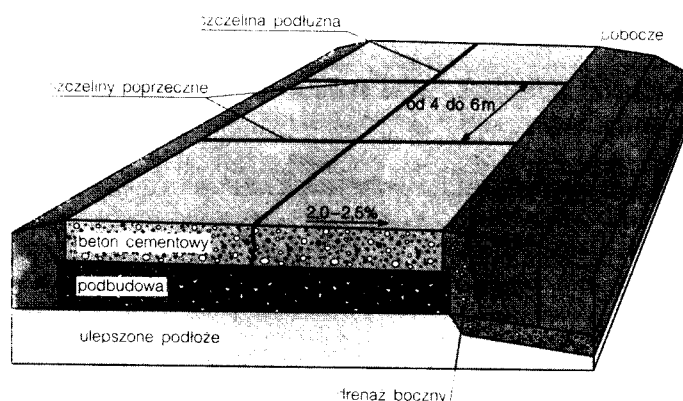


Szczeliny stanowią niewralgiczny element nawierzchni z betonu cementowego i ich prawidłowe wykonanie i uszczelnienie znacząco wpływa na trwałość nawierzchni.

Podział płyty betonowej za pomocą szczelin (rys. 1) ma na celu kontrolę pęknięć bądź eliminację przypadkowych spękań powodowanych rozszerzalnością, skurczem lub paczeniem się płyt pod wpływem zmiany temperatury i wilgotności.

Szczelinę należy wypełnić masą zalewową lub wkładką uszczelniającą w celu zabezpieczenia przed przenikaniem wody w głąb nawierzchni oraz przed wnikaniem w szczelinę odłamków, które mogłyby utrudnić ruchy płyt i je uszkodzić.

W dalszym ciągu podano aktualne poglądy na zachowanie się szczelin w nawierzchni oraz współczesne metody ich poprawnego wykonywania.



Rys. 1. Podział nawierzchni betonowej na szczeliny podłużne i poprzeczne [4]

Rodzaje szczelin

Szczeliny dzieli się na:

- szczeliny rozszerzania (dylatacyjne), poprzeczne lub podłużne na całej grubości płyty, umożliwiające wydłużenie i kurczenie płyt,
- szczeliny skurczowe (na pełną grubość lub pozorne – na części grubości płyty), umożliwiające kurczenie płyt (gdy temperatura atmosferyczna spada poniżej temperatury przy jakiej nawierzchnię ułożono),
- szczeliny konstrukcyjne (stykowe), stosowane przy dobetonowaniu płyty na styk, na całą grubość, do wcześniej wykonanej płyty lub do innych budowli betonowych; swą konstrukcją spełniają rolę szczelin skurczowych, czasem rozszerzania.

Szczeliny rozszerzania stosowane są w przypadkach, gdy chodzi o zabezpieczenie warunków rozszerzania betonu w wysokiej temperaturze. W zależności od kierunku ich usytuowania w stosunku do osi drogi mogą być szczelinami podłużnymi lub poprzecznymi, a w zależności od rodzaju i sposobu współdziałania mogą być szczelinami swobodnymi lub dyblowanymi.

Wypełnienie szczelin w nawierzchniach z betonu cementowego

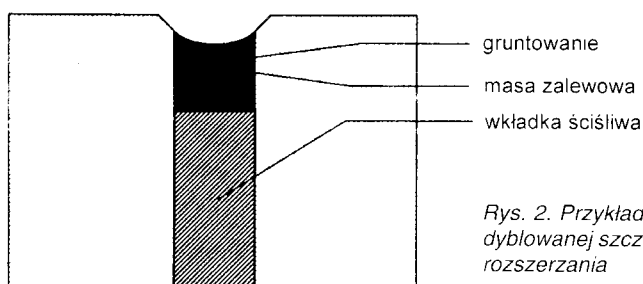
Obecnie szczeliny rozszerzania są prawie nie stosowane, czasem występują w obiektach mostowych, przy studzienkach itp. Rolę szczelin rozszerzania pełnią szczeliny skurczowe, które są rozmieszczone w małych odstępach i kompensują rozszerzanie. Na rysunku 2 przedstawiono przykładową szczelinę rozszerzania, niedyblowaną, wypełnioną masą zalewową i wkładką ściśliwą (np. miękką deską, płytą pilśniową, styropianem).

Szczeliny skurczowe pełne wykonuje się na pełną grubość płyty betonowej, umożliwiając kurczenie się płyt. Szczeliny skurczowe pozorne wykonuje się na głębokość od 1/3 do 1/4 grubości płyty w miejscu, w którym może nastąpić w czasie skurczu betonu pęknięcie płyty (w tym osłabionym celowo przekroju), co zapobiegne przypadkowym spękanom płyt (rys. 3). Szczeliny skurczowe mogą być wykonane jako dyblowane lub swobodne.

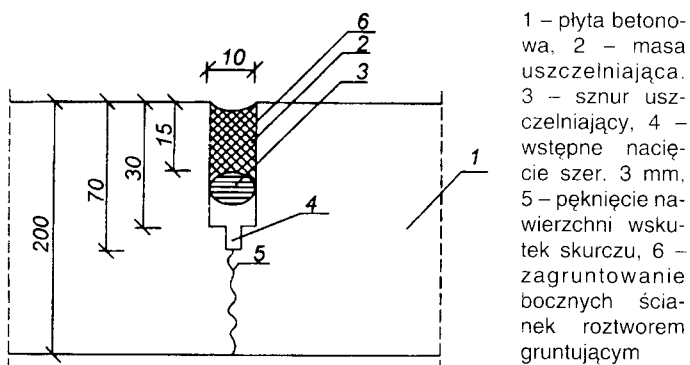
Podstawowe rodzaje szczelin rozszerzania i skurczowych przedstawiono na rysunku 4.

Szczeliny konstrukcyjne stosuje się w razie konieczności wprowadzenia dłuższych przerw w betonowaniu nawierzchni lub na zakończenie dziennej działki roboczej. Tą kategorią można objąć szczeliny oddzielające elementy stanowiące miejsca dojścia do elementów instalacji zasilających, np. studzienek, przepustów, przyczółków, krawężników, korytek itp., które muszą być zlokalizowane w obszarach funkcjonalnych nawierzchni. Szczeliny konstrukcyjne wykonuje się na całej wysokości przekroju płyty, jako kotwione i bez kotew (rys. 5).

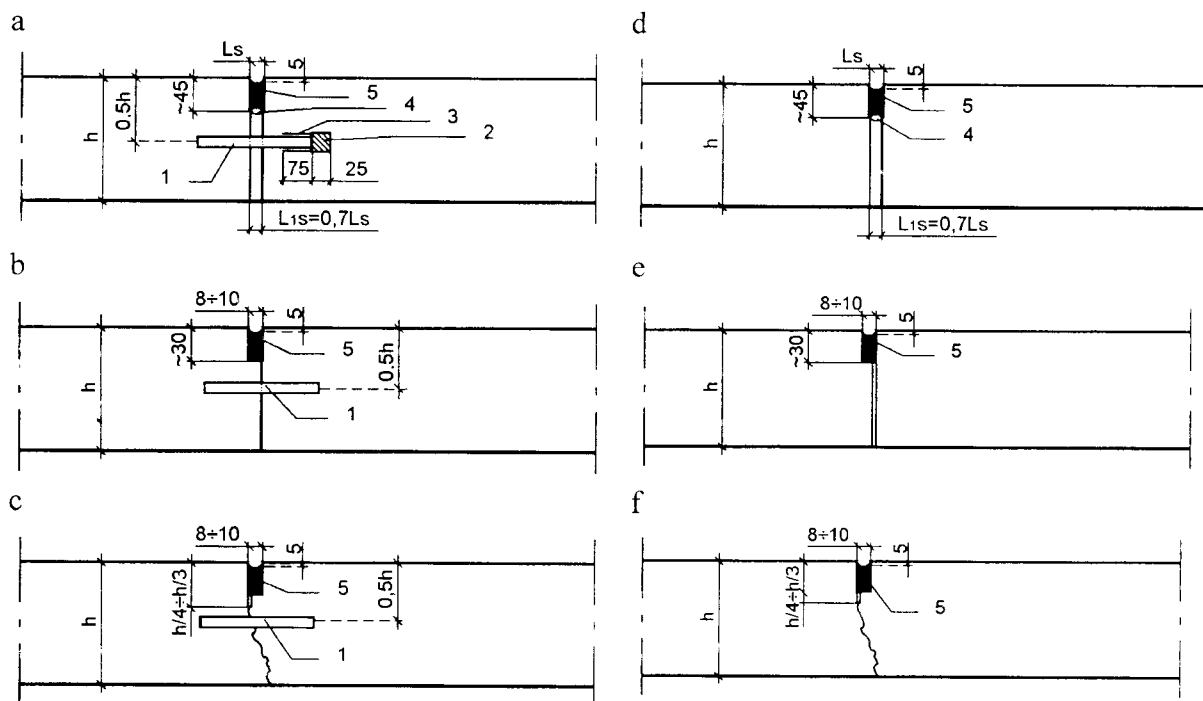
Rozmieszczenie szczelin i ich rodzaje określa dokumentacja projektowa.



Rys. 2. Przykład niedyblowanej szczeliny rozszerzania



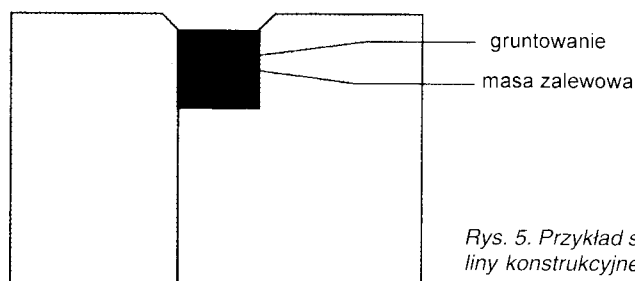
Rys. 3. Przykład szczeliny skurczowej pozornej, niedyblowanej



1 – dybel stalowy, 2 – wkładka kompensująca (wolna przestrzeń), 3 – tuleja, 4 – sznur uszczelniający (kord), 5 – masa zalewowa (menisk wklęsły)

Rys. 4. Szczeliny rozszerzenia i skurczowe w nawierzchniach drogowych [2]:

a – szczelina rozszerzenia dyblowana, b – szczelina skurczowa pełna dyblowana, c – szczelina skurczowa pozorna dyblowana, d – szczelina rozszerzenia niedyblowana, e – szczelina skurczowa pełna, f – szczelina skurczowa pozorna



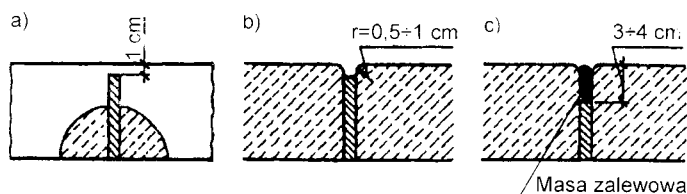
Rys. 5. Przykład szczeliny konstrukcyjnej

Sposoby wykonania szczelin [2]

Szczeliny w nawierzchniach wykonuje się:

- w świeżo ułożonym betonie w przypadku wykonywania robót na drogach podrzędnych (lokalnych), realizowanych w deskowaniu stałym (rys. 6), z użyciem wkładek,
- w stwardniałym betonie, poprzez nacinanie.

W miejscu występowania szczelin można stosować dyble (w szczelinach poprzecznych) lub kotwy (w szczelinach podłużnych).



Rys. 6. Przykład formowania szczelin w świeżym betonie:

a) ustawienie desek sosnowych (utrzymywanych pionowo przez drobne ilości mieszanki betonowej), b) usunięcie mieszanki betonowej z nad desek (po 20–40 min. od jej zeszywnienia) i wykończenie otworu kielnią profilową, c) wycięcie desek na głębokość 3–4 cm (po stwardnieniu betonu) i wypełnienie rowka masą zalewową

Dyble powinny mieć średnicę co najmniej 20 mm oraz długość 50 cm. Rozstaw ich nie powinien przekraczać 50 cm. Szczególnie zalecane jest ich stosowanie przy kategoriach ruchu dla nawierzchni od KR 6 do KR 3. Przykładowe umieszczenie dybli w nawierzchni pokazano na rysunku 4.

Szczeliny poprzeczne wykonywane na jednym pasie ruchu powinny być przedłużone na sąsiednie pasy – dotyczy to również szczelin wykonanych na łukach poziomych. Plan rozmieszczenia szczelin musi być zawarty w projekcie technicznym.

Wykonanie szczelin w stwardniałym betonie stosowane jest przy budowie nawierzchni w deskowaniu stałym lub ślizgowym. Wytrzymałość betonu na ściskanie w momencie nacinania powinna wynosić od 8 do 10 MPa. Orientacyjny czas rozpoczęcia nacinania szczelin w zależności od temperatury powietrza przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Orientacyjny czas rozpoczęcia nacinania szczelin w zależności od temperatury powietrza

Średnia temperatura powietrza w °C	5	5 ÷ 15	15 ÷ 25	25 ÷ 30
Ilość godzin od ułożenia mieszanki do osiągnięcia przez beton wytrzymałości 10 MPa	20 ÷ 30	15 ÷ 20	10 ÷ 15	6 ÷ 10

W celu wyeliminowania wystąpienia wcześniejszych samoistnych rys stosuje się dwuetapowe nacinanie szczelin. Pierwsze nacięcie (wstępne) o szerokości odpowiedniej do grubości zastosowanej tarczy, tj. około 4 mm, wykonuje się na głębokość od 1/4 do 1/3 grubości płyty. Drugie nacięcie robi się po uzyskaniu przez beton wytrzymałości powyżej 10 MPa, poszerzając nacięcie wstępne do szerokości i głębokości określonej w dokumentacji projektowej. Możliwe jest wykonanie szczelin w trzech etapach przy większych grubościach płyty.

Ukosowanie kantów szczelin

W praktyce drogowej szczeliny wykonuje się zarówno bez ukosowania ich kantów, jak i z ukosowaniem („fazowaniem”). Ukosowanie należy wykonywać w przypadkach, gdy nam zależy na zwiększeniu trwałości szczelin, np. gdy ruch drogowy może powodować częste obłamywanie ich krawędzi.

Zwolennicy ukosowania kantów szczelin uważają, że ukosować należy przede wszystkim:

- szczeliny wypełniane masami zalewowymi na zimno oraz wkładkami uszczelniającymi z tworzyw,
- szczeliny poprzeczne wypełniane asfaltową masą zalewową.

Obustronne ukosowanie szczelin wykonuje się zwykle naciarką z tarczą diamentową pod kątem 45° o wymiarach cięcia (fazy) np. 3 ÷ 5 mm (rys. 7 i 10), zgodnie z projektem.

Szczeliny niewypełniane

W niektórych krajach istnieją zwolennicy niewypełniania szczelin, którzy swój pogląd argumentują względami oszczędnościowymi, ruchowymi i eksploatacyjnymi.

Do niewypełniania szczelin skłaniają następujące argumenty:

- żadna masa zalewowa ani wkładki wypełniające nie są gwarancją zachowania szczelności w dłuższym okresie,
- najbardziej narażone na przenikanie wody pod nawierzchnię betonową są zewnętrzne krawędzie płyt, a nie szczeliny poprzeczne,
- koszt wypełniania szczelin jest dość duży,
- utrzymanie wypełnień jest kłopotliwe, ponieważ co kilka lat trzeba uzupełniać (wymienić) masę zalewową, stwarzając duże utrudnienia w ruchu,
- masa zalewowa zanieczyszcza nawierzchnię betonową.

Szczeliny nie wypełniane powinny być wąskie (2 ÷ 3,5 mm) i dość gęsto rozmieszczone (4 ÷ 6 m), aby nie otwierały się szeroko w czasie skurczów płyt. Szczeliny takie są oczyszczane przez ruch, gdyż opony samochodowe wysysają pyły, drobne ziarna kruszywa. Od wielu lat z powodzeniem są stosowane za granicą (m.in. w Niemczech, Austrii i Szwajcarii, a ostatnio w Stanach Zjednoczonych).

Ogólne zasady wypełniania szczelin masami zalewowymi

Podstawowe czynności przy wypełnieniu wykonanych szczelin masami zalewowymi obejmują:

- oczyszczenie szczeliny, zwykle szczotkami mechanicznymi, z zanieczyszczeń obcych, pozostałości po cięciu betonu itp.,
- osuszenie zawilgoconej szczeliny lancą gorącego powietrza,
- wypełnienie dolnej części szczeliny (jeśli nie znajdują się tam uprzednio umieszczone wkładki) za pomocą piasku, sznura uszczelniającego itp.,
- zagruntowanie bocznych ścianek szczelin środkiem gruntującym, zwiększającym przyczepność masy do szczeliny, w przypadku, gdy zaleca to producent masy,
- wprowadzenie masy zalewowej do szczelin, z zachowaniem menisku wklęsłego, ręcznie grawitacyjnie lub mechanicznie pod ciśnieniem, usunięcie ewentualnego nadmiaru masy i jej wyrównanie oraz usunięcie powstałych zabrudzeń.

Zastosowanie mas zalewowych

Masy zalewowe na gorąco stosowane są na nawierzchniach betonowych, płytach lotniskowych, parkingach, zatokach autobusowych, placach manewrowych itp. Są one odporne na działanie czynników atmosferycznych i przy spełnieniu warunku właściwego rozmieszczenia i zachowania wymiarów szczelin, zapewniają szczelność nawierzchni oraz utrzymują adhezję do ścianek w pełnym zakresie temperatury występującej w Polsce.

W przypadku wymogu odporności na paliwa i smary stosuje się przeważnie masy poliuretanowe lub polisiarczkowe na zimno. Ich dodatkowym atutem jest możliwość uzyskania szarego koloru dostosowanego do barwy nawierzchni betonowej. Wymienione właściwości kwalifikują je do zastosowań na nawierzchniach w obrębie stacji paliwowych, supermarketów, magazynów itp., wszędzie tam, gdzie istnieje możliwość częstego oddziaływania węglowodorów i gdzie inwestor życzy sobie wysokiej estetyki wykonania.

Masy na zimno wymagają ścisłego reżimu technologicznego, właściwego uformowania i przygotowania szczelin przed wypełnieniem oraz późniejszego utrzymania nawierzchni w czystości tak, aby zanieczyszczenia nie były wciskane przez opony pojazdów, co mogłoby powodować odspojenia szczeliny od ścianek.

Wszystkie masy powinny mieć aprobaty techniczne wydane przez uprawnione jednostki oraz deklaracje zgodności z tymi aprobatami. Po wdrożeniu norm europejskich na wypełniacze złączy i zalewy przewiduje się docelowo certyfikację na znak CE, upoważniający do wprowadzenia do obrotu wyrobu na terenie Unii Europejskiej.

Masa zalewowa „na gorąco” [1]

Do uszczelniania „na gorąco” szczelin w nawierzchni z betonu cementowego stosuje się masy zalewowe – asfaltowe z dodatkiem wypełniaczy i odpowiednich polimerów termoplastycznych (np. typu kopolimeru SBS), posiadające bardzo dobrą zdolność wypełniania szczelin, niską spływność w temperaturze +60°C, bardzo dobrą przyczepność do ścianek, a także dobrą rozciągliwość w niskiej temperaturze. Masy zalewowe „na gorąco” są wbudowywane po uprzednim rozgrzaniu do stanu płynnego, który jest osiągany w temperaturze od 150 do 180°C.

Masa zalewowa powinna odpowiadać wymaganiom określonym w aprobacie technicznej, a w przypadku ich braku lub niepełnych danych, powinna mieć cechy zgodne z poniższymi wskazaniami:

- | | |
|---|-----------|
| • zdolność wypełniania szczelin (na całej wysokości) | b. dobra |
| • temperatura mięknienia PiK | ≥ 85°C |
| • sedymentacja w temperaturze wypełniania | < 1% wag. |
| • spływność w temperaturze 60°C po 5 godzinach | ≤ 5 mm |
| • odporność na działanie wysokiej temperatury (przyrost temperatury mięknienia PiK) | ≤ 10°C |
| • zmiany masy po wygrzewaniu w temperaturze 165°C/5 godz. | ≤ 1% wag. |

- odporność na uderzenia w niskiej temperaturze wg badania próbek uformowanych w kule, oziębionych do temperatury -20°C i opuszczonych z wysokości 250 cm
 - penetracja (stożkiem) w temperaturze $+25^{\circ}\text{C}$
 - wydłużenie względne w temperaturze -20°C
- 3 spośród badanych 4 kuli nie powinny wykazywać śladów uszkodzeń $\leq 130 \text{ j.Pen.}$
- $\geq 15\%$

Gruntownik [1]

Gruntownik, zwiększający przyczepność zalewy do ścianek szczeliny, należy stosować w przypadkach zalecanych przez producenta zalewy.

Gruntownik powinien odpowiadać wymaganiom określonym przez producenta zalewy, a w przypadku ich braku lub niepełnych danych, powinien mieć cechy zgodne z poniższymi wskazaniami:

- konsystencja cieśla (do nakładania pędzlem lub natryskiem) 80 do 150 sekund wypływu z kubka Forda $\varnothing 4 \text{ mm}$
- czas odparowania rozpuszczalnika $\leq 60 \text{ minut}$
- próba rozciągania zalewy asfaltowej z gruntownikiem na modelu szczeliny w laboratorium, w temperaturze -20°C , przy rozszerzaniu szczeliny o 15% zalewa nie powinna ulec oderwaniu od ścianek betonu

Sznur uszczelniający (kord) [1]

Sznur uszczelniający należy stosować w przypadkach przewidzianych w dokumentacji projektowej lub na wniosek Wykonawcy zaakceptowany przez nadzór.

Sznur uszczelniający najczęściej jest produkowany ze spienionego materiału syntetycznego i ma kształt walcowy. Średnica zewnętrzna sznura powinna być stała. Dopuszcza się tolerancję średnicy $+1 \text{ mm}$.

Średnica sznura powinna być większa o około 25% od szerokości szczeliny.

Do mas zalewowych na gorąco mogą być stosowane dostępne na rynku rodzaje sznura, wykonane wyłącznie z materiału odpornego na temperaturę do 200°C . Zaleca się, aby sznur pochodził z jednego źródła dla całego wykonywanego zadania.

Zaleca się, aby sznur uszczelniający z materiału syntetycznego spełniał następujące wymagania:

- | | |
|---|---------------------------|
| tvrdost według metody Shore'a (skala „A”) | 15 do 25 |
| wytrzymałość na zerwanie | $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ |

Sprzęt [1]

Przy wykonywaniu i wypełnianiu szczelin masą zalewową na gorąco stosuje się najczęściej następujący sprzęt:

- przecinarki i frezarki, do nacinania i poszerzania szczelin,
- szczotki mechaniczne, do czyszczenia szczelin,
- lance gorącego powietrza, do osuszania szczelin,
- dociskarki sznura uszczelniającego,
- kotły do podgrzewania masy zalewowej,
- wtryskarki gruntownika,

- urządzenia do wypełniania szczelin masą zalewową (np. doprowadzające masę z kotła do szczeliny poprzez wysoki ciśnieniowy wąż ze specjalną wylewką).

Czynności wstępne przy wypełnianiu szczelin

W czasie wykonywania robót związanych z wypełnianiem szczelin, nie mogą występować opady atmosferyczne, a temperatura powietrza w trakcie wypełniania masą zalewową na gorąco nie powinna być niższa od $+5^{\circ}\text{C}$. Dopuszcza się zalewanie szczelin w temperaturze poniżej 5°C , za zgodą Inżyniera, pod warunkiem wysuszenia i wygrzania szczelin lancą gorącego powietrza.

Nie zaleca się wypełniania szczelin w czasie silnych wiatrów.

Przed przystąpieniem do wypełnienia szczeliny należy doprowadzić do:

- ♦ poszerzenia górnej części szczeliny zgodnie z dokumentacją projektową,
- ♦ usunięcia z górnej części szczelin wkładek z desek, płyt pilśniowych, płyt styropianowych itp. w przypadku, gdy były użyte do formowania szczeliny,
- ♦ sprawdzenia wizualnego wilgotności betonu (beton powinien być suchy), zwykle po 8–10 dobach od ułożenia,
- ♦ dokładnego oczyszczenia nawierzchni i usunięcia z niej przeszkód (np. materiałów, sprzętu),
- ♦ wstrzymania ruchu pojazdów w rejonie robót.

Czyszczenie i suszenie szczelin

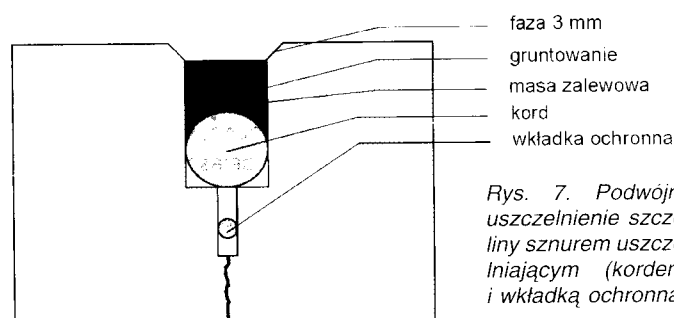
Przed wypełnieniem należy szczeliny dokładnie oczyścić z zanieczyszczeń obcych, pozostałości po cięciu betonu itp. Po oczyszczeniu pionowe ściany szczelin powinny być suche, czyste, nie wykazywać pozostałości pylistych. Do czyszczenia szczelin należy stosować szczotki mechaniczne o wymiarach tarcz dostosowanych do wymiarów szczeliny. Szczotkę ustawia się na odpowiednią głębokość szczeliny.

Pozostały pył należy wydmuchać za pomocą sprężonego powietrza.

W przypadku zawilgocenia szczeliny, np. po porannym załęganiu mgły lub wilgotnej nawierzchni betonowej (np. wskutek opadu deszczu poprzedniego dnia) szczeliny należy wysuszyć i wygrzać przy zastosowaniu lancy gorącego powietrza.

Wypełnienie dolnej części szczeliny

Dolną część szczeliny, która nie podlega wypełnieniu masą zalewową można uszczelnić przez wciśnięcie sznura uszczelniającego (kordu) o średnicy większej o około 25% od szerokości szczeliny lub innego materiału.



Rys. 7. Podwójne uszczelnienie szczeliny sznurem uszczelniającym (kordem) i wkładką ochronną

Poziom wciśniętego sznura powinien zapewniać odpowiednią głębokość właściwego wypełnienia szczeliny masą zalewową.

W przypadkach wymagających dużej szczelności konstrukcji szczeliny, oprócz sznura uszczelniającego (kordu) umieszczonego w poszerzonej części szczeliny, stosuje się dodatkowo wkładkę ochronną o mniejszej średnicy, wtłoczoną do węższej części szczeliny (rys. 7).

Sznur uszczelniający może być pominięty, jeżeli nie spowoduje to żadnych wad wypełnienia, takich jak późniejsze osiadanie wypełnienia lub przyczepność zalewy do dna szczeliny (tzw. trójpłaszczyznowa przyczepność).

Gruntowanie szczelin

Jeśli wymaga tego producent masy zalewowej boczne ścianki szczelin powinny być zagruntowane gruntownikiem (roztworem środka zwiększającego przyczepność). Gruntować należy tylko ścianki szczelin przewidziane do wypełnienia w ciągu jednego dnia pracy. Przy gruntowaniu należy unikać zabrudzenia powierzchni nawierzchni betonowej.

Po odparowaniu rozpuszczalnika z gruntownika (co zwykle występuje po 15 do 30min) można przystąpić do wypełnienia szczelin.

Przygotowanie masy zalewowej na gorąco [1]

Masę zalewową rozgrzewa się w kotłach do masy zalewowej, zgodnie z zaleceniami producenta masy, do uzyskania stanu płynnego, który jest przeważnie osiągany w temperaturze od 150 do 180°C. Masy nie wolno przegrzewać, gdyż może ulec zniszczeniu lub stracić elastyczność.

Należy unikać wielokrotnego rozgrzewania tej samej porcji masy; należy rozgrzewać jej tyle, aby ją całkowicie zużyć i nie pozostawiać w zbiorniku po skończonej pracy.

Wprowadzanie gorącej masy zalewowej do szczelin [1]

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 trudno dostępnych, masę można wbudować ręcznie przy zastosowaniu odpowiedniego pojemnika (np. konewki), zakończonego wyprofilowaną stosownie do szerokości szczeliny wylewką. Przed przystąpieniem do wypełniania szczeliny można 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.

Wypełnianie szczelin masą zalewową na zimno [1]

Do uszczelniania na zimno szczelin podłużnych i poprzecznych należy stosować masy uszczelniające jedno- lub dwuskładnikowe, np. masy poliuretanowe, tiokolowe, z żywic uszlachetnionych, silikonowych, poliwinylowych, itp.

Masy jednoskładnikowe mają postać kitów ulegających utwardzeniu pod wpływem czynników zewnętrznych (np. wilgoci). Mogą to być np. kity tiksotropowe wprowadzane w szczelinę pod ciśnieniem, masy konfekcjonowane w pojemniku fabrycznym (np. kartuszu), będącym jednorazowym ładunkiem itp.

Masy dwuskładnikowe mają postać gęstej cieczy, która utwardza się w szczelinie w wyniku poprzedzającego aplikację dodania utwardzacza i wymieszania.

Roboty związane z wypełnieniem szczelin masami uszczelniającymi na zimno można wykonywać przy braku opadów i w warunkach atmosferycznych określonych w aprobacie technicznej i wskazaniach producenta (przeważnie gdy temperatura otoczenia i podłoża nie jest niższa niż +5°C i nie wyższa niż +40°C).

Zastosowanie gruntownika i sznura uszczelniającego oraz sposób poszerzania i czyszczenia szczelin jest taki sam jak przy wypełnianiu szczelin masą zalewową na gorąco.

Wbudowanie mas uszczelniających do szczelin dokonuje się sprzętem mechanicznym zaakceptowanym przez nadzór, na głębokość około 1,5 szerokości szczeliny. Masa powinna mieć bardzo dobrą adhezję do ścianek szczeliny, a praktycznie zerową do dna szczeliny.

Jednoskładnikowe masy uszczelniające nie wymagają przygotowania i mogą być stosowane bezpośrednio do wypełnienia szczelin. Do wypełnienia szczelin jednoskładnikową masą uszczelniającą stosuje się pistolety pneumatyczne różnych typów oraz wyciskarki ręczne przystosowane do aplikacji masy z jednorazowych kartuszy lub opakowań.

Dwuskładnikowe masy uszczelniające należy mieszać mieszarką zgodnie z aprobatą techniczną i instrukcją producenta. Należy przestrzegać określonego przez producenta okresu ich wbudowania, ograniczonego początkiem żelowania, który w zależności od materiału może wynosić od 20 do 90 min.

Do wypełniania szczelin masą uszczelniającą dwuskładnikową na zimno można stosować różny sprzęt dostępny na rynku, w tym np.:

- ♦ mieszarkę do dokładnego wymieszania składników masy i utwardzacza,
- ♦ układarkę, do wbudowania masy w szczelinę pod ciśnieniem, wyposażoną w zbiornik ciśnieniowy i ewentualnie sprężarkę,
- ♦ pistolety pneumatyczne przystosowane do załadunku uprzednio wymieszanej masy uszczelniającej.

Ewentualny nadmiar masy lub powstałe zanieczyszczenia usuwa się z nawierzchni przy pomocy szpachli lub innych narzędzi zwilżonych wodą z dodatkiem środka zmiękczającego.

Jeśli przy użyciu posiadanych urządzeń do wypełniania nie daje się uniknąć zanieczyszczeń nawierzchni wzdłuż szczeliny to przed przystąpieniem do uszczelniania zaleca się wykonać zabezpieczenia poprzez naklejenie taśmy samoprzylepnej wzdłuż krawędzi szczeliny.

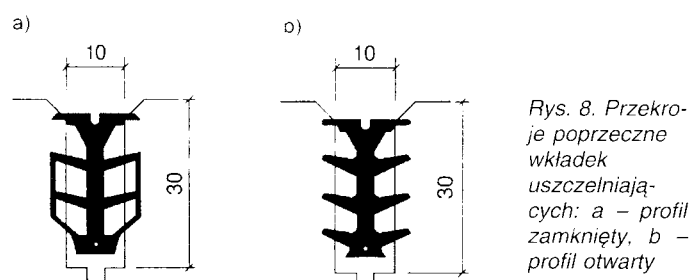
Wypełnianie szczelin wkładkami uszczelniającymi

Materiałem wypełniającym górne rowki szczelinowe mogą być też wkładki uszczelniające. Wkładki uszczelniające powinny być wykonane z trwałego ściśliwego materiału, niewrażliwego na obciążenia poruszających się maszyn, wykonujących nawierzchnię.

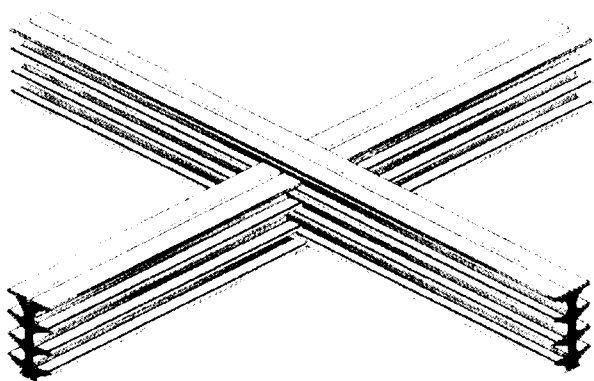
Wkładki wykonuje się z różnych rodzajów tworzyw, w tym z neoprenu o strukturze gąbczastej, która jest zarówno ściśliwa, jak i rozkurczliwa. Według danych Stanów Zjednoczonych wytrzymałość na rozciąganie wkładek neoprenowych powinna wynosić co najmniej 13,8 MPa, wydłużenie przy zerwaniu co najmniej 250%, a ściśliwość przy 100°C przez 70 h maksimum 40% [3].

Grubość wkładek uszczelniających powinna wynosić nie mniej niż 5 mm, natomiast sztywność ich powinna ułatwić proste i pionowe ułożenie w szczelinie betonowej. Wkładki uszczelniające należy układać w sposób ciągły [4].

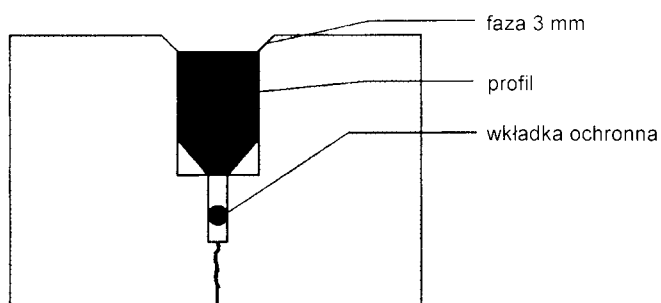
Istnieją różne konstrukcje wkładek oferowane przez producentów. Dwa podstawowe typy to: a) zamknięty profil wkładki,



Rys. 8. Przekroje poprzeczne wkładek uszczelniających: a – profil zamknięty, b – profil otwarty



Rys. 9. Przykład konstrukcji wkładki uszczelniającej o profilu otwartym na skrzyżowaniu dwóch szczelin



Rys. 10. Przykład szczeliny wypełnionej wkładką uszczelniającą (profilem) ze ściśliwego tworzywa, np. neoprenowego [4]

przy którym uszczelnienie szczeliny następuje przez rozszerzenie lub ściśnięcie profilu i b) otwarty profil wkładki, uszczelniający szczelinę przez odchylenie się bocznych „skrzydełek” pod wpływem wciskania wkładki do szczeliny (rys. 8).

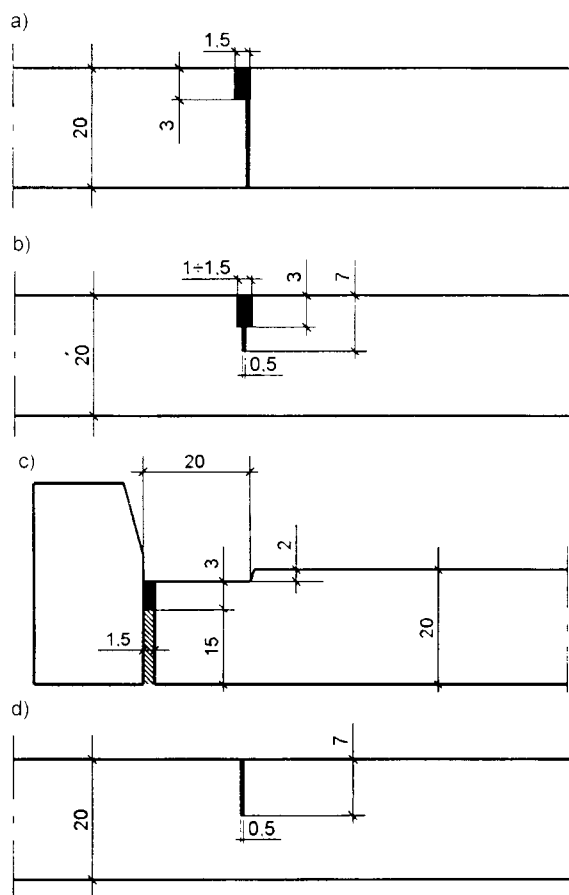
Zwolennicy stosowania wkładek zalecają ich użycie tylko w szczelinach poprzecznych, po wykonaniu szczelin podłużnych. W szczelinach podłużnych nie zalecają ich używania ze względu na niebezpieczeństwo wysysania przez samochody.

Krytycy stosowania wkładek zwracają uwagę, że nie zawsze spełniały one swoje zadanie, gdyż ruchy płyt powodowały niekiedy podnoszenie i opuszczanie wkładek. Dlatego korzystniej zachowują się one na nawierzchniach z małym ruchem, np. na pasach awaryjnych, parkingach, lotniskach. Stosowane w tych miejscach masy zalewowe na gorąco tracą swoją elastyczność, wskutek braku częstego walcowania przez koła pojazdów.

Przykład wkładki przedstawiono na rysunku 9, a sposób umieszczenia wkładki w szczelinie – na rysunku 10.

Szczeliny w podbudowie betonowej

W podbudowie z betonu cementowego wykonuje się tylko szczeliny skurczowe pełne i pozorne. Podobnie jak w nawierz-



Rys. 11. Przykłady szczelin w podbudowie betonowej: a) szczelina skurczowa pełna, b) szczelina skurczowa pozorna, c) szczelina konstrukcyjna przy krawężniku, d) szczelina nacięta w podbudowie (bez wypełnienia), na której będzie ułożona warstwa ściernalna z mieszanki mineralno-asfaltowej

chni wypełnia się spoiny zalewami na gorąco lub masami na zimno względnie wkładkami uszczelniającymi.

Szczeliny skurczowe pełne wykonuje się na całej grubości płyty w miejscach ustalonych w dokumentacji projektowej oraz dodatkowo w bezpośrednim sąsiedztwie przepustów oraz między odcinkami betonowania, jeśli przerwa w betonowaniu trwała dłużej niż 1 godzinę (rys. 11a).

Szczeliny skurczowe pozorne wykonuje się przez nacinanie stwardniałego betonu tarczowymi piłami mechanicznymi do głębokości $1/3 \div 1/4$ grubości płyty (rys. 11b).

Szczeliny konstrukcyjne wykonuje się na całej grubości płyty w miejscach połączeń podbudowy z elementami infrastruktury drogowej jak krawężniki, studzienki, korytka itp. (rys. 11c).

Jeśli dokumentacja projektowa przewiduje przykrycie podbudowy warstwami z mieszanek mineralno-asfaltowych to szczeliny, szerokości od 3 do 5 mm po pierwszym nacięciu betonu na głębokość około 35% grubości płyty, pozostawia się bez poszerzania ich i wypełniania zalewą (rys. 11d).

Kontrola jakości robót

W czasie robót sprawdza się szerokość i głębokość szczelin, które powinny być jednakowe na całej swej długości, a także sprawdza się czystość szczelin po oczyszczeniu. Wizualnie i dotykiem sprawdza się, czy oczyszczone ścianki szczeliny nie zawierają żadnych niezwiązanych okruszków betonu, ziaren kruszywa, pyłów oraz śladów wilgoci, a także śladów i plam olejowych. Jeżeli występują jakiegokolwiek ślady wilgoci usuwa się je lancą gorącego powietrza. Plamy olejowe wytrawia się odpowiednimi rozpuszczalnikami.

Jeżeli ścianki oczyszczonej szczeliny są pokrywane gruntownikiem, sprawdza się dotykiem czy naniesiona warstewka środka zwiększającego przyczepność nie zawiera nieodparowanych cząstek rozpuszczalnika – zagruntowane ścianki przy pocieraniu nie powinny wykazywać objawów ścierania gruntownika.

Należy stale sprawdzać makroskopowo barwę i konsystencję masy zalewowej na gorąco oraz wskazania czujników temperatury zalewy i oleju grzewczego. W razie jakichkolwiek wątpliwości pobiera się próbki zalewy i dostarcza się je wraz z kopią świadectwa badania (producenta) do właściwego laboratorium celem wykonania badań kontrolnych.

Przy masie uszczelniającej na zimno sprawdza się makroskopowo jej konsystencję i jednorodność, co jest szczególnie istotne w odniesieniu do masy dwuskładnikowej po jej wymieszaniu z utwardzaczem.

Po wypełnieniu szczelin wizualnie sprawdza się prawidłowość wykonania tej czynności.

W związku z ustanowieniem przez Polski Komitet Normalizacyjny nowych norm PN-EN należy się liczyć z sukcesywnym wprowadzaniem do praktyki drogowej zasad określanych tymi normami. Dotychczas ustanowiono około 25 norm europejskich (głównie serii PN-EN 13880, PN-EN 14187, PN-EN 14188), które ustalają wymagania wobec zalew oraz metody ich badań. Na przykład podstawowymi normami w tym zakresie są PN-EN 14188-1:2005 (U) Wypełniacze złączy i zalewy. Część 1: Specyfikacja zalew na gorąco i PN-EN 14188-2:2005 (U) Wypełniacze szczelin i zalewy. Część 2. Specyfikacja zalew na zimno.

Zabiegi utrzymeniowe

Masy zalewowe powoli tracą przyczepność do betonu, ściśliwość, rozciągliwość, spływność i odporność na destrukcyjne działania temperatury gorących gazów i paliw. Po stwierdzeniu, że masa w szczelinach jest popękana lub nie przylega do ścian, trzeba ją usunąć i szczelinę wypełnić na nowo.

Praktyka dowiodła, że dodawanie masy do już istniejącej i wypełniającej częściowo szczelinę nie zdaje egzaminu, gdyż łączenie różnych mas nie przywraca szczelinie pierwotnych cech eksploatacyjnych.

Naprawę szczelin wypełnionych masą zalewową, według doświadczeń zagranicznych, powinno wykonywać się w zasadzie co:

- 5 lat przy płytach niedyblowanych,
- 7 lat przy płytach dyblowanych,

choć obserwowano już zniszczenia masy zalewowej występujące po 3–4 latach.

Naprawę szczelin przeprowadza się w następujący sposób [3]:

- ♦ wycina się starą masę zalewową oraz sznur uszczelniający za pomocą odpowiedniego noża lub urządzenia do mechanicznego usuwania zużytej masy zalewowej ze szczeliny (tzw. pług szczelinowy),
- ♦ oczyszcza się krawędzie szczeliny, najlepiej za pomocą tarcz diamentowych, aż do uzyskania powierzchni czystego betonu,
- ♦ oczyszcza się szczeliny z luźnych cząstek za pomocą rotacyjnej szczotki mechanicznej, najlepiej z tarczą ze splatanego drutu,
- ♦ wydmuchuje się drobne resztki ziarn sprężonym powietrzem,
- ♦ wciska się sznur uszczelniający (kord) w dolną część szczeliny,
- ♦ gruntuje się boczne ścianki szczelin gruntownikiem, jeśli jest wymagany przez producenta masy zalewowej,
- ♦ wypełnia się szczelinę masą zalewową.

W przypadku gdy szczelinę wypełniają wkładki uszczelniające z tworzywa sztucznego, sposób postępowania jest podobny i obejmuje:

- wyciąganie wkładki,
- oczyszczenie szczeliny,
- wkładanie nowej wkładki.

Przy wymianie masy zalewowej, zwłaszcza przy oczyszczaniu krawędzi tarczami, szczelina w górnej części zostaje zwykle nieco poszerzona (np. z 5 do 8 mm), co wpływa na średnicę sznura uszczelniającego [3].

Jeśli wystąpiły uszkodzenia (obłamania) krawędzi szczelin to, ze względu na obniżenie komfortu jazdy, muszą być naprawione przed wypełnieniem szczeliny nową masą zalewową, obejmując:

- usunięcie uszkodzonych fragmentów betonu,
- oczyszczenie szczeliny,
- wstawienie listwy z deski lub styropianu do szczeliny i naprawienie uszkodzonego miejsca zaprawą cementową z dodatkiem polimeru lub przy zastosowaniu żywic dwuskładnikowych,
- usunięcie listwy szczotką mechaniczną z wirującym dyskiem z drutów stalowych po całkowitym związaniu zaprawy,
- oczyszczenie szczeliny szczotką mechaniczną i sprężonym powietrzem.

Zakończenie

Szczeliny w nawierzchni betonowej uważane były w przeszłości za zło konieczne, stanowiąc utrudnienie w wykonawstwie oraz sprzyjając przenikaniu wody do podbudowy lub podłoża. W miarę upływu czasu udało się zmienić te negatywne poglądy, zbliżając się do stanowiska, że dobrze zaprojektowane i wykonane szczeliny poprawiają jakość nawierzchni betonowej.

Dysponowanie odpowiednimi materiałami i sprzętem oraz starannym wykonaniem, zaprezentowanym w niniejszym artykule i systematycznymi zabiegami utrzymaniowymi przedłuża się żywotność nawierzchni w znacznym stopniu...

KRZYSZTOF GRADKOWSKI

Politechnika Warszawska

Bibliografia

- [1] Ogólna specyfikacja techniczna D-05.03.04a *Wypełnianie szczelin w nawierzchni z betonu cementowego*. Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego i Mostowego Sp. z o.o., Warszawa 2002
- [2] *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych*. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych – Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2001
- [3] S. Rolla: *Nowoczesne nawierzchnie betonowe*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1983
- [4] A. Szydio: *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego*. Wydawnictwo Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2004

Odwodnienie węzłów drogowych

Zagadnienie odwodnienia węzłów drogowych nie jest odrębną problematyką w inżynierii lądowej. Zawiera się w zasadach projektowania i budowy dróg wraz z wyposażeniem. Rozwiązania techniczne odwodnienia obszaru węzła drogowego są niezależne od odwodnień odcinków dróg przyległych oraz sąsiadujących budowli.

Węzłem drogowym określamy krzyżowanie się lub połączenie dróg na różnych poziomach zapewniające pełną lub częściową możliwość wyboru kierunku jazdy. Najbardziej złożonym jest typ bezkolizyjnego węzła *WA*. Z punktu widzenia technicznego, jest to koncentracja odcinków dróg o złożonych planach i profilach, na relatywnie niewielkim obszarze, położonych w części na obiektach mostowych, wysokich nasypach i głębokich przekopach. Ponadto, w obrębie węzła drogowego może być lokalizowany *MOP* niekiedy z rozbudowaną funkcją komercyjną obsługi podróżnych i samochodów: stacje paliw, myjnie, stacje obsługi technicznej, toalety, bary, restauracje, które w większości powinny mieć własny system kanalizacji. Zlewnia zanieczyszczonych wód w obrębie węzła obejmuje powierzchnię:

- jezdni, poboczy i skarp,
- parkingów, placów manewrowych, chodników,
- oraz przelewowe odpływy wód oczyszczonych z urządzeń zbiorczych.

Spływające wody z tych powierzchni są zanieczyszczone substancjami chemicznymi pochodzącymi od spalin, paliw i smarów. Nie ulega wątpliwości, że stosowne ekspertyzy etapu przygotowawczego inwestycji, wykonywane w trybie nakazanym przez rozporządzenie [1], wskażą konieczność oddzielnego potraktowania odwodnienia takiego węzła. Odwodnienie węzła drogowego powinno spełniać trzy podstawowe warunki:

- autonomiczności, tj. niezależnienia od odwodnień innych budowli i sąsiednich odcinków dróg,
- dużej wydolności – projektowany na tzw. zawał to jest na opad ponad miarodajny – ze względu na znaczenie i niewrażliwość funkcji każdego węzła,
- separatywności, to znaczy izolujący zanieczyszczone wody powierzchniowe od innych rodzajów wód.

Urządzenia odprowadzające wodę powierzchniową z poszczególnych stref węzła (rynnny spustowe zamknięte, rynny skarpowe otwarte, kanały, rowy, dreny i przepusty) powinny

być szczelne i nie dopuszczać infiltracji wglębnej wód zanieczyszczonych. Uaktualnione i uzupełnione zarządzenie ([1] i [2]) wcale nie straciło na znaczeniu, a powyższe warunki są częścią rozwiązań projektowych dyktowanych *à priori* przez owe rozporządzenie. Ostatnio niektóre zasady przygotowania procesu inwestycji drogowych nieco uproszczono, ale stosowne wymogi ochrony środowiska i ochrony wód gruntowych zawarte są w innych przepisach. Świadomość społeczna w tym zakresie poczyniła znaczne postępy. Główne założenia projektowania i budowy urządzeń odwadniających w obrębie węzła powinny odpowiadać warunkom technicznym zawartym w [3] i normie [4]. Urządzenia są często wyposażane w pompy lub stacje przepompowni, które pozwalają na pokonanie różnic poziomów poszczególnych doprowadzeń. Woda z całego obszaru zlewni węzła powinna być zbierana do **zbiorników** [5], niezależnie od stosowania tzw. separatorów lub komór oczyszczania wstępnego i odстойników, lokalizowanych na pośrednich i końcowych odcinkach przewodów wód.

Stosownie do ustaleń zawartych w wymaganych i wykonywanych ocenach oddziaływania inwestycji drogowej na środowisko [1], [2], zbiorniki lokalizowane w obrębie węzła powinny być szczelne, a odprowadzenie wód z tych zbiorników nie powinno doprowadzić do przelewu i zalewu otoczenia. Na ogół nie ma możliwości odprowadzenia wód ze zbiorników do kanalizacji ogólnospławnej, bowiem węzły zajmujące znaczną powierzchnię są przeważnie lokalizowane poza jej zasięgiem. Odprowadzany nadmiar wody może obejmować jedynie wody wstępnie lub całkowicie oczyszczone. Zainstalowane zbiorniki najczęściej nie pozwalają na całkowite zmagazynowanie wód spływu powierzchniowego. Stąd występują tzw. ujścia uzupełniające, które muszą spełniać warunki wstępnego bądź całkowitego oczyszczenia.

Zbiorniki systemu odwodnienia węzła powinny być tak lokalizowane, aby umożliwić odwodnienie w czasie prowadzenia robót budowlanych (odwodnienie technologiczne), o ile istnieją ku temu odpowiednie warunki terenowe.

Rodzaj, kształt i liczba zbiorników w obrębie węzła dostosowana jest do możliwości dysponowania powierzchnią. Na rysunku 1 pokazano przykłady węzłów zajmujących znaczne obszary, w obrębie których jest możliwa lokalizacja jednego lub kilku zbiorników. W takich przypadkach koszty budowy przewodów doprowadzających wody zależne są od morfologii