

# Szczeliny w nawierzchniach betonowych

*W publikacji przedstawiono wybrane zagadnienia związane z wykonaniem szczelin w betonowych nawierzchniach drogowych i lotniskowych. Zaprezentowano szczególnie geometryczne rozwiązania szczelin i omówiono ich skuteczność w kompensowaniu zmian liniowych płyt betonowych, które są wynikiem działania warunków atmosferycznych. Te stosunkowo „mało znaczące” w zrozumieniu wielkości powierzchni elementy systemu nawierzchni betonowych w istocie decydują o trwałości i procesach utrzymaniowych tych konstrukcji. Poprawne zaprojektowane i wykonane mają wpływ na wszystkie aspekty użytkowe nawierzchni.*

## 1. Wstęp

Poprawna praca nawierzchni betonowej zależy od racjonalnego rozplanowania ich powierzchni, tj. takiego podziału na określonej wielkości płyty i odpowiedniego wykonania szczelin, które są wynikiem tego podziału. Choć współczesne tendencje w budowie betonowych nawierzchni sugerują zwiększenie odległości pomiędzy poszczególnymi rodzajami szczelin – głównie szczelin rozszerzania, to jednak ich istnienie w naszych warunkach klimatycznych nie podlega dyskusji. Ewentualne zwiększenie odległości pomiędzy szczelinami rozszerzania musi być poparte wnikliwą analizą warunków klimatycznych otoczenia, w których nawierzchnie te będą pracować. Dlatego stosowanie nadmiernie zwiększonych odległości pomiędzy szczelinami dylatacyjnymi (rozszerzenia), prowadzi w konsekwencji do przedwczesnych uszkodzeń nawierzchni betonowych. W znaczeniu realizacyjnym wykonanie szczelin w nawierzchniach betonowych należy do tzw. galanterii inżynierskiej w budownictwie drogowym, która charakteryzuje się koniecznością bardzo starannego wykonania szeregu czynności podczas formowania i wypełnienia ich odpowiednim rodzajem masy zalewowej. Czynności te, choć w znaczeniu ilościowym nie są masowe, to jednak pieczołowitość, z jaką muszą być wykonane, pozwala na użycie takiego nazewnictwa.

## 2. Rola, rodzaje i znaczenie szczelin w nawierzchniach betonowych

Szczeliny, wszelkiego rodzaju, stosowane w nawierzchniach betonowych przyjmują na siebie i kompensują przyrosty liniowych wydłużeń elementów płytowych nawierzchni. Jest oczywiste, że muszą one być odpowiednio zaprojektowane i starannie wykonane. Brak możliwości kompensacji wydłużeń liniowych płyt, a tym samym ewentualne utrudnienie zmiany wymiarów liniowych nawierzchni i jej „termicznej stateczności”, jest przyczyną dość często występujących uszkodzeń płyt o różnym charakterze i zasięgu. Ze względu na usytuowanie szczelin i ich przeznaczenie można dokonać odpowiedniego podziału z uwagi na:

b) funkcje szczelin i warunki ich pracy w nawierzchni; można wyróżnić: szczeliny rozszerzenia (podłużne i poprzeczne), szczeliny skurczowe (podłużne i poprzeczne) oraz szczeliny konstrukcyjne

c) szczeliny technologiczne, występują najczęściej jako skurczowe pełne, które zazwyczaj powstają jako świadoma realizacja założeń organizacyjnych budowy lub też wymuszone warunkami atmosferycznymi, np. opadami deszczu i innymi. Zadaniem każdej szczeliny jest minimalizacja skutków termicznych. W pierwszym etapie będą to skutki naprężeń technologicznych, w etapie drugim – normalnej pracy nawierzchni – naprężenia termiczne są wynikiem różnic temperatur, powstających na powierzchni i spodzie płyty. Przybliżając rolę i zadania poszczególnych rodzajów szczelin można dokonać następującego podziału:

**Szczeliny rozszerzania** umożliwiają płytom zmianę ich wymiarów liniowych pod wpływem zmieniającej się temperatury otoczenia, mogą one pełnić również rolę szczelin skurczowych.

**Szczeliny skurczowe** poprzeczne lub podłużne, pozwalają poszczególnym płytom na zmianę ich wymiarów liniowych – głównie skurczu, który ma miejsce w czasie hydratacji betonu oraz pod wpływem obniżania się temperatury. Istnieje możliwość, że pozwolą płycie na jej wydłużenie w takim stopniu, na jaki pozwalają wymiary poprzeczne szczeliny.

**Szczeliny skurczowe podłużne (kontaktowe)** powstają na styku kolejnych pasm roboczych układanych nawierzchni. Wysokość tych szczelin jest równa wysokości układanej nawierzchni. Boczne powierzchnie tych pasm roboczych izoluje się od siebie poprzez pokrycie powierzchni bocznych płyty materiału izolacyjnego lub włożenie wkładki ściśliwej rozdzielającej.

**Szczeliny technologiczne** stosuje się w sytuacji konieczności wprowadzania dłuższych przerw w betonowaniu nawierzchni lub na zakończenia dziennej działki roboczej. Do tego rodzaju szczelin można zaliczyć szczeliny oddzielające elementy znajdujące się w obszarze płyty, ale stanowią one wejście do podziemnych systemów elektroenergetycznych, sterowniczych lub kanalizacyjnych (studzienki techniczne i kanalizacyjne). Dla poprawnej pracy płyty nawierzchniowej potrzebny jest odpowiedni rozstaw szczelin. Szczeliny podłużne stosuje się w zależności od szerokości projektowanych nawierzchni. Szczeliny rozszerzania konstruuje się w zależności od warunków ich wykonania zgodnie z ustaleniami [1] i uwarunkowane są temperaturą wbudowania betonu.

Szczeliny rozszerzania podłużne zwane są również szczelinami konstrukcyjnymi, powstają na styku kolejnych pasm roboczych układanej nawierzchni betonowej. Są to szczeliny pełne z elastyczną, nie nasiąkliwą wkładką rozdzielającą lub też są wycinane piłami tarczowymi na pełną głębokość.

Szczeliny technologiczne stosuje się w razie konieczności wprowadzania dłuższych przerw w betonowaniu nawierzchni lub na zakończenie działki roboczej.

Tą kategorią można objąć również szczeliny, które odzielają występujące w nawierzchni „obce” elementy, np. studzienki, przepusty, które muszą być zlokalizowane w obszarach funkcjonalnych nawierzchni. Istotny dla pracy nawierzchni jest rozstaw szczelin. Szczeliny rozszerzania konstruuje się w zależności od warunków ich wykonania, zgodnie z ustaleniami [1] uwzględniane są temperatury nawierzchni. Maksymalnie ich odległość w naszych warunkach temperaturowych ustala się na 50 m w przypadku wykonania robót betonowych przy temperaturze powyżej 20°C, 25 m w przypadku wykonania robót betonowych przy temperaturze otoczenia poniżej 20°C. Szeroko zakrojone prace badawcze w kraju [2] oraz za granicą: [3] i sformułowane zalecenia sugerują możliwość zwiększenia tych odległości.

Doświadczenia wielu lat wykazują, że w naszych warunkach klimatycznych dobrze jest jednak stosować szczeliny rozszerzania co 25 m, szczeliny skurczowe co 5 m. Stosowanie zwiększonych odległości szczelin rozszerzania wymaga jednak zbrojenia płyt. W wielu krajach stosowanie szczelin rozszerzania jest dyskusyjne. W Niemczech, głównie na drogach o ruchu bardzo ciężkim, zaleca się rezygnację ze stosowania tych szczelin. Dla ruchu średniego i lekkiego na drogach szczeliny te stosuje się w odległościach nie większych niż 100 m. Stosuje się je jako zasadę przy mostach i przepustach. We Francji nie przewiduje się stosowania tego rodzaju szczelin. W Wielkiej Brytanii szczeliny rozszerzania stosuje się obowiązkowo w niezbrojonych płytach betonowych o rozstawie maksymalnym do 60 m – dla płyt o grubości większej niż 20 cm. Istnieją liczbowe zależności do wyznaczenia rozstawu szczelin [4].

Realizowane obecnie inwestycje nawierzchni z betonu cementowego wykonuje się zasadniczo techniką ślizgową. Technika taka pozwala z jednej strony przyspieszyć tempo robót, a z drugiej utrzymać wysokie wymagania technologiczne. Obecnie szczeliny dylatacyjne wykonywane są poprzez specjalne wieloczynnościowe urządzenia, które posiadają możliwość odświeżania urobku i często sterowane są laserem.

### Sposoby realizacji szczelin w nawierzchniach betonowych

Zasadniczymi metodami wykonywania szczelin w nawierzchniach są:

- szczeliny wykonywane w świeżym betonie
- szczeliny wykonywane w dostatecznie stwardniałym betonie.

W początkowym etapie rozwoju nawierzchni betonowych wykonywano szczeliny tylko pierwszą metodą. Dopiero w latach sześćdziesiątych minionego stulecia zaczęto stosować wypełnienie szczelin w stwardniałym betonie. Obecnie jest to jedyny sposób wykonania szczelin dla robót realizowanych w technologii ślizgowej.

Pierwszy sposób stosowano przede wszystkim przy budowie nawierzchni w deskowaniach stątych. Istnieją dwie zasadnicze metody pozwalające na formowanie tego rodzaju szczelin:

- 1) formowanie szczeliny za pomocą noża wibracyjnego
- 2) wprowadzenie do świeżo ułożonej mieszanki wkładek szczelinowych.

Formując szczeliny wg pierwszej metody wykonuje się je do głębokości 2/3 wysokości płyty, wykorzystując ostrze wibracyjne, zamontowane na całej sze-

rokość maszyny przemieszczającej się w kierunku układania nawierzchni. Zachowujemy nienaruszoną, uformowaną wcześniej przez wciśnięcie taśmy, szczelinę podłużną bez możliwości jej uszkodzenia. Układanie elementów szczelinowych musi się odbywać mechanicznie. Obecnie w wykonawstwie robót stosuje się mechaniczne nacinanie szczelin w dostatecznie stwardniałym betonie. Najważniejszą sprawą wykonania szczelin metodą nacinania jest wybór właściwego terminu rozpoczęcia nacinania szczelin. Wykonanie szczelin w odpowiednim czasie pozwala zapobiec przypadkowym pęknięciom skurczowym betonu w czasie jego wiązania i twardnienia. Pożądane jest, by proces nacinania szczelin rozpocząć po upływie od 8 do 12 h po ułożeniu mieszanki betonowej w nawierzchni. Ale z drugiej strony, beton musi mieć odpowiednią wytrzymałość, żeby nie wykruszał się w czasie prowadzenia tych prac. Obserwacje i pomiary wytrzymałości betonu prowadzone są pod kątem jego przydatności do wykonania nacięcia szczelin w betonie, powinna ona wynosić około 10 MPa. Wytrzymałość ta zależy od wielu okoliczności, takich jak: temperatura, wilgotność powietrza, prędkość wiatru, natężenie promieniowania słonecznego. Dlatego wymagania co do rozpoczęcia tego zakresu prac trudno jest jednoznacznie określić. Jednocześnie proces ten w warunkach krajowych powinien być zakończony przed upływem 24 h. Przepisy wielu krajów dość różnie formułują wymagania w tym zakresie. Przepisy brytyjskie określają, że nacinanie rowków powinno być zakończone przed upływem:

- 8 h, jeżeli beton został ułożony przed południem
  - w ciągu 18 h, jeśli beton ten ułożono po południu.
- Wśród zaleceń realizacji tych robót przestrzega się, żeby różnica temperatury między wbudowaniem betonu i nacinaniem płyt nie była większa niż 5°C. To oznacza, że w momencie obniżania się temperatury otoczenia należy wcześniej przystąpić do nacinania szczelin.

W praktyce stosuje się nacinanie dwuetapowe. W pierwszym etapie powinno naciąć się tzw. szczeliny kontrolne, możliwie jak najwcześniej, ale pod warunkiem, że beton osiągnął wytrzymałość 10 MPa. Wstępne nacinanie wykonuje się tarczami diamentowymi o obrotach nie mniejszych niż 4600 obrotów na minutę. Postęp robót powinien wynosić około 1 m<sup>3</sup> min. Stosowane tarcze mają najczęściej średnicę

Rys. 1. Sposób wykonania szczeliny w betonie maszyną wieloczynnościową



320 mm i grubość 3,2. W następnym etapie szczelinę się poszerza. Na rys. 1 przedstawiono sposób wykonania szczeliny piłą tarczową. Można z przekonaniem stwierdzić, że nawierzchnia jest tak trwała, jak trwale i starannie są wykonywane szczeliny w betonie, które należy wypełnić odpowiednimi materiałami.

Poprawnie wykonaną szczelinę skurczową przedstawia rys. 2. Z przedstawionego rozwiązania na rys. 2 wynika, że w każdej szczelinie znajduje się uszczelnienie, może to być zalewa na gorąco lub na zimno, ale ponadto znajduje się kord. Powołując się na opracowania niemieckie [5] oraz własne doświadczenia autorów, kord powinien być założony w każdej szczelinie nawierzchni. Zgodnie z rys. 2 powinien być kord dolny (mały) i górny (duży) i niezależnie czy jest to nawierzchnia dyblowana, kotwiona czy swobodna.

Wypełnianie szczelin uformowanych ma za zadanie w nawierzchni betonowej utrzymanie szczelności w każdych warunkach eksploatacyjnych. Rozwijając to ogólne stwierdzenie, należy zapewnić takie parametry materiału wypełniającego, by pracował w ekstremalnych warunkach temperaturowych od -30°C do 100°C. Obowiązujące w kraju przepisy [1,2] nakazują dokonanie wypełnienia szczelin w nawierzchniach odpowiednią masą zalewową. Ten niewielki objętościowo zakres robót decyduje często o wyglądzie nawierzchni, o jej walorach eksploatacyjnych, a źle wypełnione szczeliny mogą przyczyniać się do przedwczesnych uszkodzeń całych obszarów nawierzchni i obniżenia jej walorów techniczno-użytkowych. Szczeliny w nawierzchniach formowane z uwagi na powstanie termicznych naprężeń są miejscem, w którym może odbywać się infiltracja wód opadowych i innych roztworów do podłoża. Szczeliny wypełnione odpowiednim rodzajem masy zapobiegają tym niekorzystnym zjawiskom. Z uwagi na wysoki koszt tych materiałów w praktyce stosuje się różnicowanie rodzaju masy, na końcowe odcinki dróg startowych, płaszczyzny postoju samolotów stosuje się masy zalewowe odporne na działanie paliw lotniczych i wysokie temperatury, dla innych fragmentów nawierzchni wymagania te mogą być bardziej łagodne. Wypełnienie szczelin masą zalewową jest przedsięwzięciem dość skomplikowanym, wymagającym należytej staranności i uwzględnienia podczas realizacji robót zmieniających się warunków otoczenia. Przed wprowadzeniem masy szczelina wykonana w betonie musi być starannie oczyszczona. Powierzchnie szczelin muszą być neutralne chemicznie. Wiele ze stosowanych materiałów wypełniających wymaga gruntowania ścianek odpowiednim materiałem gruntującym, takim, który zapewnia powinowactwo chemiczne między materiałem gruntującym i masą wypełniającą. Materiały o mniejszej spójności wewnętrznej posiadają wysoką adhezję, tzn. do-

brą przyczepność do ścianek szczeliny. Z uwagi na brak powinowactwa chemicznego nie wszystkie rodzaje mas wypełniających można stosować na ich uzupełnienia w szczelinach. Wymagania dla materiałów stosowanych do wypełnienia szczelin można sformułować następująco:

- łatwość w zastosowaniach niezależnie od warunków atmosferycznych
- trwałość w eksploatacji
- odporność na czynniki zewnętrzne fizyczne i chemiczne
- długi okres przydatności
- spełnienie warunków ekologicznych i łatwość magazynowania.

Zasady obowiązujące podczas wypełniania szczelin można sformułować następująco:

- wykonanie wypełnienia szczelin w okresie dodatnich temperatur należy ułożyć najwyżej do górnych krawędzi płyty
- wykonanie wypełnienia szczelin w okresie niskich temperatur, tzn. ułożenie masy zalewowej, powinno być niższe o około 3 do 5 mm poniżej tych krawędzi.

Formułuje się wymagania, by masa zalewowa była ukształtowana w górnej części szczeliny w kształcie menisku wklęsłego. W przepisach wielu krajów wypełnieniu szczelin masą zalewową poświęca się dużą uwagę. Przepisy niemieckie oprócz ww. wymagań zwracają uwagę na to, by szczeliny były starannie czyszczone, np. przez piaskowanie powierzchni lub stalowe szczotki poruszane mechanicznie. Przepisy brytyjskie wymagają dokonywania wypełnienia szczelin po całkowitym wyschnięciu betonu przy braku ruchu po powierzchni. Wypełnianie masą zalewową szczelin powinno mieć miejsce przy minimalnych fluktuacjach temperatury. Przepisy belgijskie wymagają dodatkowo usunięcia „betonowych mostków”, jeśli znajdują się w szczelinie i zalecają unikanie gruntowania powierzchni bocznych szczelin. Jeżeli jednak wykonuje się gruntowanie, należy stosować preparaty bardzo szybko wysychające, najpóźniej do 2 h, a to głównie dlatego, by nie trzeba było chronić rowków przed ponownym zanieczyszczeniem. Zaleca się mechaniczne prowadzenie robót. Kord jest elastyczno-sprężystym materiałem, który zmniejsza zapotrzebowanie na kosztowną masę zalewową. Przygotowanie masy zalewowej wykonuje się zgodnie z przepisami producenta wyrobu.

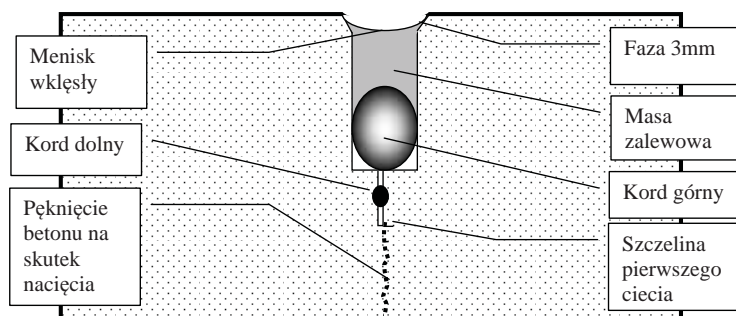
Kolejność robót związanych z wykonaniem szczelin dylatacyjnych wraz z robotami towarzyszącymi przedstawia rys. 3.

1. Wykonanie pierwszego cięcia i założenie dolnego małego kordu
2. Wykonanie komory pod masę zalewową i sfazowanie krawędzi
3. Założenie górnego kordu dużego i wypełnienie masą zalewową.

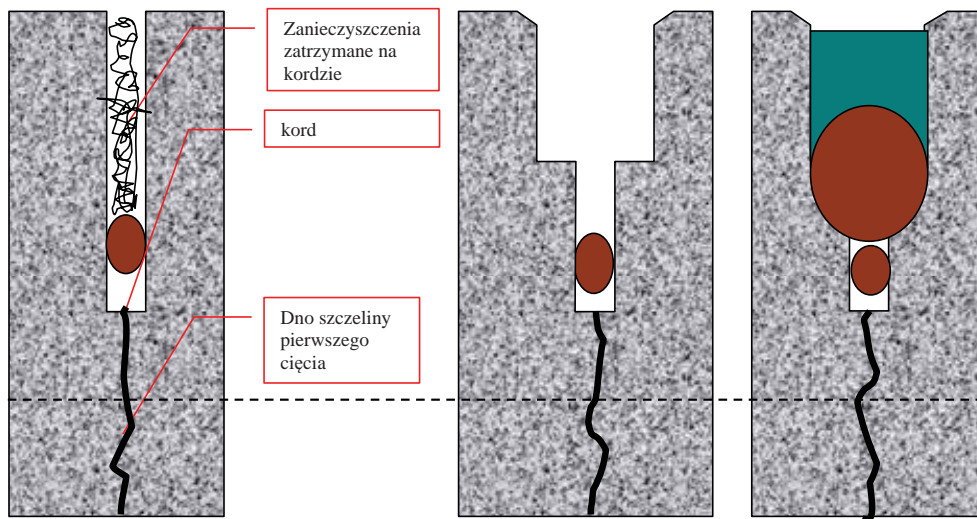
Należy w tym miejscu powiedzieć, że oba kordy spełniają różne zadania oraz mają różną budowę. O trwałości nawierzchni betonowej decyduje w dużym stopniu staranne wykonanie szczelin, a zasadnicze znaczenie mają kordy uszczelniające i celowo wykonane nacięcia w betonowej nawierzchni. Kordy są to elastyczne, najczęściej okrągłe profile, układane na odpowiedniej wysokości szczeliny, przedstawiono je na rys. 4.

Kordy dolne układa się natychmiast po wykonaniu pierwszego cięcia, gdy szczelina jest jeszcze świeża

Rys. 2. Szczelina skurczowa z kordem dolnym i górnym







Rys. 3. Etapy wykonania szczeliny i instalowania kordu dolnego i górnego

i otwarta. Ułożenie kordu musi wykonać zespół, który wykonywał nacięcie szczelin w betonie. Dolny kord to spieniona porowata miękka guma o porach zamkniętych lub cienka elastyczna rurka o średnicy 4 mm.

Kord dolny układa się głęboko w szczelinie, tak by nie przeszkadzał przy późniejszych cięciach komórek pod wypełniającą je masą zalewową. Zadaniem tego kordu jest uniemożliwienie przedostania się zanieczyszczeń do dolnej komory i do pęknięcia. Różne czynniki są w stanie zablokować każde pęknięcie. Trwałość takiego kordu jest liczona na miesiące, w normalnym cyklu technologicznym już po 30 dniach można układać masy zalewowe. Ponadto kordy dolne układane w okresie jesiennym zabezpieczają wstępnie powierzchnię na okres zimy, co ma miejsce wówczas, gdy wykonawca nie zdąży docelowo z uzupełnieniem masy zalewowej w szczelinie.

Każda szczelina bez kordu jest zablokowana, każda szczelina zablokowana nie przeniesie ruchów termicznych powierzchni betonowej, ruchy te musi kompensować przede wszystkim szczelina rozszerzania.

Kordy uszczelniające produkowane są głównie w następujących wymiarach: 6, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 29, 32 mm, i muszą mieć średnicę większą niż szerokość szczeliny. Średnica kordu powinna być ustalona indywidualnie w zależności od charakteru szczeliny, temperatury i pory roku. Zazwyczaj nie powinna przekraczać 10-20% szerokości szczeliny. Właściwe ułożenie kordu musi zapewnić optymalne wbudowanie masy zalewowej, jej minimalna grubość powinna być równa szerokości rozwartej szczeliny.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Szczeliny w nawierzchniach lotniskowych i drogowych z betonu cementowego stanowią istotny element całego przedsięwzięcia projektowego, wykonawczego i eksploatacyjnego. Rola szczelin w nawierzchniach polega na neutralizacji stanu naprężenia płyty pod wpływem zmieniających się jej wymiarów w wyniku oddziaływań temperatury otoczenia i oddziaływań wymuszonych. Dotychczasowe doświadczenia własne autorów zwracają uwagę na potrzebę:

1) W budowie dużych powierzchni z betonu cementowego problem rozmieszczenia szczelin – głównie szczelin rozszerzania – należy rozpatrywać i projektować indywidualnie, zarówno co do ich rozmieszczenia jak i wymiarów poprzecznych szczeliny

2) Przestrzegać zasad powinowactwa chemicznego materiałów stanowiących wypełnienie szczelin, tj. kordu wypełniającego, masy zalewowej i materiału gruntującego ścianki szczeliny

3) Z uwagi na koszty uszczelnień, masy wypełniające szczelinę należy dobierać tak, by na odpowiednich płaszczyznach funkcjonalnych systemu nawierzchni ich własności były możliwie najlepiej wykorzystane, np. odporność na działanie wysokich temperatur, odporność paliwowa, odporność na starzenie

4) W zachowaniu warunków trwałości nawierzchni istotną rolę przypada szczelinom, a w nich materiałowi elastyczno-sprężystemu, jakim jest kord. Przedstawione na rysunkach 3 i 4 propozycje stosowania kordu górnego i dolnego są w pełni uzasadnione

5) Wymiary geometryczne szczelin o dobrze wyznaczonej szerokości stanowią skuteczność tego elementu nawierzchni, zapewniając jej poprawną pracę, estetykę i właściwości eksploatacyjne.

**mgr inż. Olaf Kamiński**  
**SAT Sp. z o.o. Oława**  
**prof. Piotr Nita**

**Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych Warszawa**

#### Literatura

- 1 PN-V-83002 Lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania ogólne i metody badań, PKN, Warszawa 1992
- 2 Wytyczne lotniskowe Rozmieszczania i wykonania szczelin w nawierzchniach z betonu cementowego, Opracowanie ITWL, Warszawa 1996
- 3 Department of the Environment Specification for road and bridge works, London 1976
- 4 P. Nita, Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008
- 5 ZTV Fug-StB 01 wydanie 2001



Rys. 4. Przykłady kordów wypełniających szczeliny w nawierzchni betonowej