

LECH JULISZEWSKI\*

METODY PRZYWRACANIA WŁASNOŚCI UŻYTKOWYCH  
I KONSTRUKCYJNYCH BETONOWYCH  
NAWIERZCHNI DROGOWYCH

STRUCTURAL PROPERTIES AND RIDEABILITY  
RESTORATION METHODS IN CONCRETE PAVEMENTS

Streszczenie

W artykule przedstawiono technologię oraz problematykę prawidłowego wykonania zabiegów przywracających własności użytkowe i konstrukcyjne nawierzchni betonowych na podstawie wytycznych oraz realizacji zagranicznych.

*Słowa kluczowe: nawierzchnie betonowe, zabiegi remontowe*

Abstract

This paper summarizes good practices in technology of concrete pavements repairs restoring rideability and structural properties. Article was based on foreign design guidelines and realizations.

*Keywords: concrete pavement, renovation*

---

\* Mgr inż. Lech Juliszewski, doktorant, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska.

## 1. Wstęp

Każdy rodzaj konstrukcji nawierzchni wraz z upływem czasu ulega degradacji. Przyczyn utraty własności użytkowych i konstrukcyjnych może być kilka. Głównymi czynnikami spośród wielu są: obciążenie ruchem, ekspozycja na warunki środowiskowe oraz błędy wykonawcze.

Podczas gdy metody naprawy uszkodzeń nawierzchni bitumicznych są dość powszechnie znane, renowacja betonowych nawierzchni drogowych nie ma jeszcze tak dużej ilości skutecznych realizacji. Przeprowadzane naprawy często nie przynoszą oczekiwanych rezultatów lub przynoszą je na znacznie krótszy okres niż zakładano. Część zabiegów remontowych zapożyczonych bezkrytycznie z technologii nawierzchni bitumicznych (jak np. zalewanie asfaltem lub łatanie betonem asfaltowym) nie powinna być stosowana. Inny charakter pracy nawierzchni i związane z nim zjawiska (jak np. rozszerzanie termiczne niosą ze sobą konieczność stosowania zupełnie odmiennych metod przywracania pierwotnych własności.

Opisywane w krajowych Specyfikacjach Technicznych czynności naprawcze betonowych nawierzchni drogowych często nie uwzględniają aktualnego stanu wiedzy. Ponadto, jak wspomniano wcześniej, zabiegi i ich zakres nie są dobierane na podstawie wnikliwej analizy inżynierskiej. Podstawą naprawy jest zazwyczaj ocena własności użytkowych, czyli odczuć użytkownika drogi. Na takim założeniu opiera się krajowy System Oceny Stanu Nawierzchni Betonowych. W celu uniknięcia konieczności zazwyczaj kosztownej naprawy skutków długotrwałej pracy w nieodpowiednim stanie wskazana jest ponadto w przypadku nawierzchni sztywnych analiza pracy konstrukcji nawierzchni i jej elementów.

W artykule skoncentrowano się na technologicznym aspekcie naprawy nawierzchni betonowych. Przedstawiono typowe metody naprawy wraz z wytycznymi ich właściwej realizacji. Opracowanie opiera się przede wszystkim na doświadczeniach z za granicy, które można stosować w warunkach krajowych.

## 2. Technologie naprawy

### 2.1. Szlifowanie nawierzchni

Szlifowanie jest metodą, która skutecznie wpływa na poprawę wielu cech nawierzchni betonowej. Może stanowić zabieg uzupełniający inne metody naprawy. Szlifowanie przywraca cechy użytkowe przez usunięcie nieregularności nawierzchni spowodowanych niedoskonałościami wykonania, odkształceniem płyty, uszkodzeniami oraz przeprowadzeniem zabiegów naprawczych. Efekty przeprowadzonego szlifowania są zauważalne natychmiast. Nawierzchnia jest znacznie bardziej gładka, a ponadto zmiana jej makrotekstury wpływa na lepszą przyczepność, bezpieczeństwo oraz redukcję hałasu pochodzącego od poruszających się po nawierzchni pojazdów. Dzięki szlifowaniu nawierzchni można usunąć następujące wady nawierzchni:

- uszkodzenia na połączeniach i pęknięciach,
- nierówność nawierzchni wynikła z niewłaściwej realizacji,
- niewłaściwa makrotekstura betonu,
- koleiny powstałe wskutek ruchu pojazdów z kolcowanymi oponami,

- nieodpowiedni poziom generowanego hałasu,
- odkształcenia płyty powstałe wskutek różnic wilgotności oraz skurczu betonu,
- niewłaściwy spadek poprzeczny.

Zabieg przeprowadzany jest przy użyciu samobieżnej maszyny wyposażonej w głowicę z zamontowanymi diamentowymi tarczami tnącymi (rys. 1).



Rys. 1. Maszyna do szlifowania nawierzchni betonowych [7]

Fig. 1. Concrete pavement grinding equipment [7]



Rys. 2. Bęben szlifujący składający się z szeregu tarcz diamentowych [7]

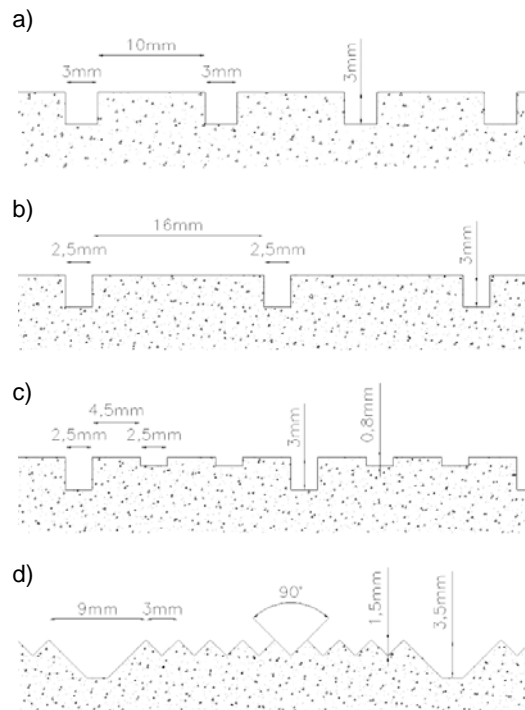
Fig. 2. Gang mounted diamond saw blades [7]

Odpowiednie wkładki dystansowe umieszczane są pomiędzy poszczególnymi tarczami w celu osiągnięcia pożądanej tekstury. Powstałe na powierzchni rowki powinny być głębokie na 2,4–3,3 mm w rozstawie co 2–2,9 mm. Maszyna porusza się wzdłuż jezdni, liczba jej przejazdów zależy od szerokości pasa i szerokości głowicy szlifującej – zazwyczaj pomiędzy 0,90 a 1,20 m. Podczas szlifowania pozostawia się nieoszlifowane pola wokół studzienek oraz przy korytkach ściekowych.

Organizacja robót musi zapewnić zabezpieczenie przed przedostawaniem się wody zanieczyszczonej cząstkami zeszlifowanego betonu na sąsiadujące pasy, na których odbywa się ruch, oraz do systemu odwodnienia nawierzchni.

## 2.2. Rowkowanie nawierzchni

Rowkowanie nawierzchni jest zabiegiem wykonywanym stosunkowo rzadko. Przeprowadza się go w miejscach, w których istnieje konieczność poprawy przyczepności kół pojazdów do nawierzchni ze względu na stwierdzone zagrożenie ruchu drogowego (np. częste wypadki). Wykonanie zabiegu czyni nawierzchnię bardziej szorstką oraz poprawia odprowadzenie wody z nawierzchni. Rowkowanie w przeciwieństwie do szlifowania realizowane jest w kierunku prostopadłym do osi jezdni (w praktyce odeszło się od wykonania rowkowania w kierunku podłużnym). Rowki nacinane są za pomocą tarcz diamentowych. Przykładowe wymiary oraz rozstawy rowków przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Przykłady typowych układów rowków nadawanych nawierzchniom betonowym

Fig. 3. Typical concrete pavement grooving patterns [3]

Zgodnie z [3] najlepsze efekty poprawy współczynnika przyczepności osiąga się dla rozwiązań mieszanych (rys. 3c) i 3d). Jako ciekawostkę należy przytoczyć fakt, że niektóre z rokowań opisywanych w [3] funkcjonują już od ponad 30 lat i badania nie wykazały ich wpływu na zmianę hałasu generowanego przez nawierzchnię.

### 2.3. Wtórne umieszczenie dybli

Ten typ naprawy stosuje się wówczas, gdy konieczne jest przywrócenie przekazywania obciążeń przez połączenie płyt lub pęknięcie. Warunkiem wymaganym jest właściwy stan konstrukcji płyty betonowej, a jedynym problemem jest brak odpowiedniego przeniesienia obciążeń przez nieciągłości nawierzchni. W przypadku gdy jezdnia jest dwukierunkowa i kotwy w szczelinie podłużnej funkcjonują prawidłowo, możliwe jest umieszczenie trzech dybli w zewnętrznym śladzie kół. W pozostałych przypadkach należy umieszczać po trzy dyble w śladach kół – pierwszy z nich umieszczając w odległości ok. 0,45 m od krawędzi pasa ruchu.

W pierwszej kolejności wykonuje się nacięcia, które powinny zapewnić możliwość umieszczenia dybla (zazwyczaj 38 mm średnicy i 0,45 m długości) w połowie wysokości płyty, umieszczone centralnie w połączeniu, równoległe do kierunku ruchu i powierzchni nawierzchni. Dyble powinny być umieszczane równoległe do kierunku ruchu nawet wtedy, gdy stosowane są połączenia ukośne płyt, ponieważ w innym przypadku powodowałyby blokowanie połączenia i mogłyby to prowadzić do pęknięcia nawierzchni. Nacięcia nie mogą być głębsze niż jest to potrzebne – ze względu na możliwość powstawania odłamów naroży. Przy doborze głębokości należy uwzględnić ponadto wysokość koszyczków podtrzymujących dybel we właściwej pozycji. Dyble nie mogą być umieszczane w pęknięciach/szczelinach podłużnych, gdyż nie będą pracować prawidłowo (brak przekazywanego obciążenia wzdłuż szczeliny).



Rys. 4. Wycięte w nawierzchni szczeliny przeznaczone do montażu dybli [5]

Fig. 4. Dowel bar placement slots [1]

Po wykonaniu nacięć konieczne jest usunięcie betonu z pomiędzy naciętych szczelin. W tym celu stosuje się młoty pneumatyczne o wadze poniżej 15 kg – stosowanie większych urządzeń może spowodować powstawanie niepożądanych uszkodzeń przylegającego betonu. Do wyrównania dolnej powierzchni otworu stosuje się jeszcze mniejsze młoty (ok. 7 kg) – w celu zapewnienia możliwości prawidłowego pozycjonowania dybla w otworze. Aby usunąć pozostałości po skuwaniu betonu oraz luźne części dna i ścianek otworu, stosuje się piaskowanie, czyszczenie wodą pod ciśnieniem, a na końcu oczyszczanie za pomocą sprężonego powietrza. Wymagana jest odpowiednia czystość powierzchni dla zapewnienia właściwej przyczepności materiału wypełniającego, a w rezultacie prawidłowej pracy zamontowanego dybla.

Przed montażem dybla należy uszczelnić poprzeczną rysę wzdłuż ścianek i dna otworu z użyciem np. silikonu. Zabezpieczenie to zapobiega wyciekowi z otworu materiału wypełniającego. Czynność ta powinna być wykonana dosyć starannie, aby nie doprowadzić do zabrudzenia ścianek otworu, zmniejszając tym samym ich przyczepność do wypełniającej mieszanki betonowej.

Stalowy dybel z powłoką epoksydową wyposażony jest przed montażem w sztywną piankową przegrodę poprzeczną o grubości około 8 mm, stanowiącą przedłużenie rysy oraz zapewniającą bezpieczną zmianę objętości materiału wypełniającego, np. wskutek zmiany temperatury. Materiał, z którego wykonana jest przegroda, powinien zapewnić w miarę ściśle doleganie do ścianek otworu oraz stabilność podczas układania materiału wypełniającego. Oprócz wkładki rozdzielającej na końce dybla nakładane są kapturki zapewniające możliwość ruchu (związanego ze zmianą objętości) – co najmniej 5 mm od każdego końca. Właściwą pozycję dybla w otworze zapewniają zamontowane przy jego końcach plastikowe koszyczki spoczywające na dnie otworu. Tak wyposażony dybel pokrywany jest środkiem antyadhezyjnym, a następnie odpowiednio umieszczany w otworze.

Materiał wypełniający powinien być po wbudowaniu zawibrowany i pozostawiony w niewielkim nadmiarze, tak aby górna jego powierzchnia wystawała ponad poziom nawierzchni. Dzięki późniejszemu zeszlifowaniu nadmiaru betonu eliminuje się obecność w miejscu naprawy drobnego kruszywa na powierzchni mającej styczność z kołami pojazdów. Wypełnienie powinno być wykonane za pomocą bezskurczowego betonu szybkowiążącego. Jeżeli jednak z jakiegoś powodu wystąpią spękania skurczowe w miejscu naprawy, należy usunąć wykonany fragment i przeprowadzić procedurę ponownie.

#### 2.4. Naprawa pęknięć i połączeń płyt

Prawidłowe naprawy pęknięć, jak i połączeń płyt w betonie są czynnościami dość podobnymi. Podstawową czynnością jest właściwe przygotowanie szczeliny przed jej zabezpieczeniem. W przypadku istniejących wcześniej wypełnień szczelin należy w pierwszej kolejności przystąpić do usunięcia materiału uszczelniającego. Przed przystąpieniem do dalszych czynności należy ocenić stan powierzchni bocznych i dolnej szczeliny. Gdy zachodzi konieczność, poszerza się ją za pomocą piły do betonu. Następnie, w celu oczyszczenia, szczelinę piaskuje się oraz przedmucha sprężonym powietrzem.

Kluczowym elementem do zapewnienia prawidłowej pracy naprawianej nieciągłości płyt jest umieszczenie ściśliwego przewodu o średnicy odpowiednio większej od szerokości szczeliny. Rolą elementu jest zmniejszenie pracy termicznej wypełnienia znajdującego się nad nim. W tabeli 1 zestawiono wymiary wymaganej średnicy przewodu ściśliwego oraz koniecznej głębokości otworu w zależności od szerokości szczeliny [1].



Tabela 1

**Zestawienie średnic przewodów ściśliwych oraz minimalnych głębokości szczeliny w zależności od szerokości szczeliny w nawierzchni betonowej**

Szerokość szczeliny [mm]	Średnica przewodu ściśliwego [mm]	Minimalna głębokość szczeliny [mm]
6,4	9,5	17,5
9,5	12,7	23,8
12,7	15,9	30,2
15,9	19,1	36,5
19,1	22,2	42,9
22,2	25,4	49,2
25,4	28,6	55,6
28,6	31,8	61,9
31,8	34,9	68,3
34,9	38,1	74,6
38,1	41,3	81,0
41,3	44,5	87,3
44,5	47,6	93,7
47,6	50,8	100,0

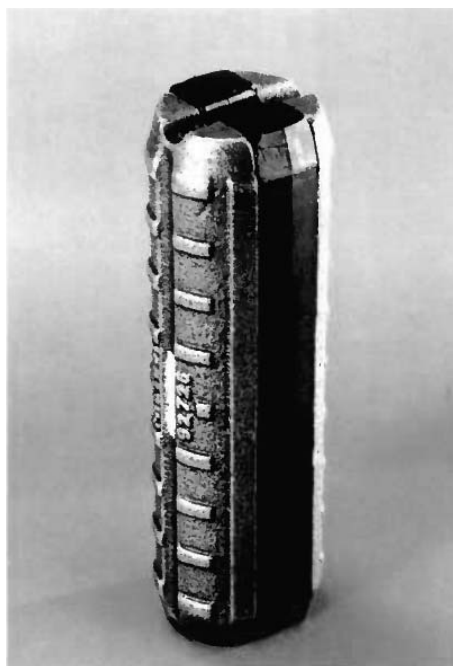
Uszczelnianie szczelin powyżej 30 mm nie jest wskazane. W przypadku ich stwierdzenia należy wykonać raczej remont nawierzchni na część lub pełną głębokość. Należy podkreślić, że w przypadku gdy szerokość szczeliny poprzecznej przekracza 20 mm, należy spodziewać się powstawania hałasu przy przejeździe po niej pojazdu. Intensywność hałasu zależy od prędkości ruchu na drodze, więc część szerszych niż 20 mm szczelin może okazać się akceptowalna z użytkowego punktu widzenia w miejscach o niskiej prędkości ruchu.

Zalewanie masą uszczelniającą musi odbywać się w warunkach zgodnych z zaleceniami producenta. Ścianki muszą być czyste i suche w celu zapewnienia przyczepności. Temperatura powietrza w trakcie prowadzenia prac nie może wynosić mniej niż 5 stopni Celsjusza. Ścianki szczeliny mogą być osuszane za pomocą palnika, jednak po wykonaniu tego zabiegu należy je wypiaszkować. Uszczelnianie masą zalewową należy wykonać do poziomu  $5 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  poniżej poziomu nawierzchni. Przepchnięcie szczeliny i wycieki masy zalewowej świadczą o niewłaściwym przeprowadzeniu zabiegu i wymagają jego ponownego przeprowadzenia, po usunięciu nieprawidłowo wykonanych prac.

Należy stanowczo skrytykować spotykane w praktyce „uszczelniania” masami bitumicznymi bez uprzedniego przygotowania szczeliny oraz umieszczenia w niej przewodu ściśliwego. Brak przygotowania szczeliny nie zapewnia ani odpowiedniej przyczepności masy zalewowej do ścianek, ani tego, że masa wypełni szczelinę w sposób ciągły (np. nie spłynie w głąb szczeliny). Ponadto ruchy termiczne płyt spowodują powstanie uszkodzeń takiego wypełnienia i w wyniku brak szczelności oraz dalsze zniszczenia.

### 2.5. Montaż dybli pionowych [5]

Montaż dybli pionowych opisany w [5] ma na celu poprawę przeniesienia obciążeń pionowych pomiędzy sąsiadującymi płytami w nawierzchni betonowej. Aby je wbudować wykonuje się na połączeniu płyty co najmniej cztery otwory pionowe o średnicy 70 mm. Następnie w otworach na kleju instaluje się dyble pionowe. Ich konstrukcja ogranicza wzajemny ruch w płaszczyźnie pionowej płyt, przy jednoczesnym zapewnieniu możliwości ruchu w płaszczyźnie poziomej. Dybel pionowy przedstawiony na rysunku 5 ma konstrukcję złożoną z dwóch elementów metalowych oraz wkładki elastycznej pomiędzy nimi. W trakcie montażu jest on ściskany, aby po umieszczeniu w otworze rozparł się, przekazując siłę na sąsiadujące z nim płyty – zasadę jego pracy można porównać do kołka rozporowego, którego wartość siły przekazywanej na płyty zależy od ich wzajemnego oddalenia (ruchy termiczne płyt).



Rys. 5. Dybel pionowy [5]

Fig. 5. Vertical dowel [5]

### 2.6. Łatanie – remont na część wysokości płyty

Łatanie można przeprowadzić w przypadku płytkich uszkodzeń nawierzchni betonowej, nierozciągających się przez całą wysokość płyty. Grubość wykonywanego uzupełnienia powinna zawierać się w przedziale 50–100 mm. Po określeniu obszaru naprawy przystępuje się z użyciem maszyn frezujących lub młotów pneumatycznych do usunięcia betonu ze wskazanego rejonu. Waga młota pneumatycznego nie powinna przekraczać 15 kg, aby przy odpajaniu nie uszkodzić betonu przeznaczonego do pozostawienia. Głębokość na-



prawy nie powinna przekraczać poziomu dybli (przy połączeniach) oraz połowy grubości płyty. Po zakończeniu odspajania odsłonięte powierzchnie należy wypiąskować i oczyścić. Następnie wbudowuje się beton o niskim skurczu, nadając mu odpowiednie spadki poprzeczne i podłużne; krawędzie naprawy zabezpiecza się zaprawą. Po nadaniu tekstury wbudowany beton zabezpiecza się przez naniesienie środka pielęgnacyjnego polepszającego warunki dojrzewania betonu.

W przypadku naprawy na część wysokości połączeń płyt należy zapewnić możliwość pracy termicznej przez instalację elementów ściśliwych w łątach. Zapobiegnie to odprężeniu betonu wskutek ściskania.

### 2.7. Remont na pełną głębokość płyty

Remont na pełną głębokość płyty jest zabiegiem stosowanym, gdy nie ma możliwości trwałego zapewnienia odpowiednich właściwości użytkowych i konstrukcyjnych, przy zastosowaniu innych czynności naprawczych. W praktyce wykonanie zabiegu wiąże się z usunięciem części lub całości płyty – aż do warstwy podbudowy i następnie wykonania w jej miejscu nowej płyty betonowej.

Zazwyczaj naprawa ma miejsce w pobliżu połączenia płyt, w związku z czym istnieje konieczność przywrócenia funkcjonalności połączenia, aby nie doszło do spękań i wykruszeń. Na styku nowej nawierzchni z istniejącą stosuje się, w zależności od pierwotnego układu połączeń, dyblowanie lub zbrojenie. Tak więc nowy element pracuje jako samodzielna płyta (ograniczona połączeniami dyblowanymi) lub jest przedłużeniem istniejących płyt i zawiera w sobie połączenie zezwalające na ruch podłużny.

Pierwszym krokiem po ustaleniu zakresu naprawy jest usunięcie istniejącej płyty betonowej. Aby zapewnić regularność krawędzi, obszar wycina się z użyciem pił diamentowych. Następnie wewnątrz wyciętego fragmentu jest usuwane przez rozkruszenie i wybranie lub za pomocą specjalnego chwytaka do płyt – rozkrusza się wtedy jedynie miejsce chwytu. Drugi z wymienionych sposobów jest bardziej korzystny ze względu na mniejszą ingerencję w podbudowę – nie wymaga przed wylaniem płyty tak wielu zabiegów równania i zagęszczania.

Następną czynnością jest osadzenie dybli lub zbrojenia. W przypadku zbrojenia pręty wprowadza się w istniejącą płytę pod kątem (około 45 stopni) dla lepszego zblokowania z nowym elementem. W celu zapewnienia odpowiedniej współpracy pręta z betonem otwory, w które wprowadza się pręty, wypełnia się zaprawą lub żywicą epoksydową. Natomiast dyble osadza się zgodnie z zasadami umieszczania dybli w nawierzchniach przez nawiercenie gładkich otworów w istniejącej płycie i osadzenie na zaprawie lub żywicy dybla stalowego zabezpieczonego powłoką epoksydową.

### 2.8. Remont z zastosowaniem płyt prefabrykowanych [4]

Innowacyjną metodą konstrukcji i naprawy nawierzchni betonowych jest technologia elementów prefabrykowanych. Jest ona alternatywą dla długotrwałego procesu remontu na całą głębokość w technologii wykonywania płyt na mokro. Instalacja płyt prefabrykowanych powinna mieć zastosowanie przede wszystkim tam, gdzie czas przeznaczony na naprawę należy ograniczyć do minimum (np. arterie o wysokich natężeniach ruchu).

Czynności wykonywane na miejscu budowy to: identyfikacja uszkodzeń, określenie naprawianego obszaru, wycięcie i usunięcie istniejącego betonu w remontowanym miejscu,

wstępne oczyszczenie odsłoniętej podbudowy, przygotowanie szczelin na dyble w istniejącej nawierzchni, wyrównanie podbudowy, instalacja płyt prefabrykowanych, wyrównanie poziomu z sąsiadującymi płytami, wypełnienie szczelin z dyblami szybkowiązącą zaprawą oraz uszczelnienie połączenia płyt. Wyrównanie poziomów płyt następuje przez wtlaczanie pod ciśnieniem zaprawy cementowej lub spienionego poliuretanu o wysokiej gęstości (HDP) przez otwory w płycie w sposób omówiony w punkcie następnym. W przypadku napraw wykonywanych na dłuższym odcinku nie stosuje się wtlaczania, płyty posadawia się bezpośrednio na zagęszczonej i wyrównanej podbudowie.



Rys. 6. Instalacja oraz efekt końcowy naprawy z zastosowaniem płyty prefabrykowanej [4]

Fig. 6. Precast panel installation and final result [4]

Na rysunku 6 przedstawiono kolejne kroki instalacji płyty prefabrykowanej oraz ostateczny efekt naprawy w opisanej technologii – należy zwrócić uwagę, że dyble instalowane są jedynie w śladach kół (trzy sztuki). W przypadku intensywnego ruchu pojazdów ciężarowych należy rozważyć zastosowanie czterech dybli.

## 2.9. Stabilizacja i podnoszenie płyt

Celem stabilizacji płyt jest stworzenie miejscowego podparcia dla płyty w sposób trwały, zapobiegając w ten sposób niewłaściwej pracy płyty, korygując nieprawidłowo funkcjonujący drenaż i/lub zapewniając jednorodne warunki podparcia. Technologia wykorzystywana do stabilizacji płyt – wtlaczanie pod ciśnieniem zaprawy cementowej, może być również wykorzystana do podnoszenia zapadniętych płyt. Zabieg podnoszenia jest jednak bardzo skomplikowany i winien być przeprowadzany przez doświadczonego wykonawcę z użyciem specjalizowanego sprzętu, ponieważ naprawa błędnej realizacji jest bardzo kosztowna i często związana jest z całkowitą rozbiórką fragmentu płyty. Stabilizacja powinna być rozważona w przypadku, gdy wystąpiły takie warunki jak:

- osiadanie nasypu,
- osiadanie płyt przejściowych,
- osiadanie zasypek nad przepustami lub rurami prowadzącymi media,
- różnice w poziomie sąsiadujących płyt,
- ruchome połączenia płyt,
- połączenia z, których sączy się woda lub pojawiają się cząstki gruntu,
- płyty ruszające się pod wpływem poruszających się pojazdów.

Istotnym elementem zabiegu stabilizacji jest wykonanie otworów, przez które wprowadzana jest pod ciśnieniem zaprawa cementowa. Nie powinny być one zlokalizowane dalej niż 1,8 m od siebie, tak by powierzchnia podnoszonej płyty przez pompowanie zaprawy do jednego otworu nie przekraczała około 2,5 m<sup>2</sup>. Ponadto skrajne otwory powinny znajdować się w odległości pomiędzy 0,30–0,45 m od połączeń lub krawędzi płyty. Otwór powinien być okrągły i wykonany pionowo z użyciem maszyn wierzących zdolnych do przejścia przez beton oraz materiał podbudowy. Jeżeli płyta spoczywa na podbudowie stabilizowanej cementem, należy przewiercić się również przez nią i na tym poziomie dokonać iniekcji.

Wtłoczenie zaprawy odbywa się za pomocą maszyn automatycznych lub operowanych ręcznie. Proces należy rozpocząć od najniższej zlokalizowanego otworu. Ciśnienie wtłaczania nie powinno przekroczyć 1,4 MPa (200 psi). Jednorazowo płytę można podnieść o około 6 mm, należy następnie zmienić lokalizację pompowania w celu uniknięcia nadmiernych naprężeń mogących wystąpić w betonie. Po zakończeniu wprowadzania zaprawy (lub pianki poliuretanowej) tymczasowo korkuje się otwory za pomocą drewnianych kołków. Po zakończeniu podnoszenia/stabilizacji płyty wywiercone kanały w płycie wypełnia się zaczynem cementowym (1 część wody, 3 części cementu). Powierzchnie sąsiadujące z wykonywanymi pracami powinny być zamiecione i splukane wodą w celu uniknięcia odbarwień i zabrudzeń wywołanych przez wiązący zaczyn cementowy.

### 3. Wnioski

W artykule przedstawiono główne metody naprawy nawierzchni betonowych wraz z uwzględnieniem najistotniejszych szczegółów technologii zabiegów.

Należy podkreślić, że każdy z wymienionych zabiegów powinien być zastosowany jedynie po wnikliwej analizie przyczyny wystąpienia uszkodzenia. Niewłaściwie dobrany zabieg remontowy nie przyniesie spodziewanego efektu, a jedynie podniesie koszty doprowadzenia nawierzchni do pożądanego stanu.

Przedstawione metody napraw nawierzchni betonowych pochodzą w głównej mierze z opracowań zagranicznych i są zweryfikowane licznymi realizacjami na odcinkach drogowych pracujących w porównywalnych do polskich warunkach klimatycznych.

W związku z rosnącą ilością realizacji krajowych nawierzchni betonowych celowym byłoby uwzględnienie doświadczeń zagranicznych w stworzeniu specyfikacji technicznych robót naprawczych oraz wytycznych strategii utrzymania odcinków drogowych. Właściwe utrzymanie przedłuża okres użytkowania nawierzchni i dzięki niemu możliwe jest gospodarowanie środkami przeznaczonymi na infrastrukturę drogową w najbardziej korzystny ekonomicznie sposób.

### Literatura

- [1] State Aid Concrete Pavement Rehabilitation Best Practices Manual 2006 – Minnesota Local Road Research Board.
- [2] Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego 2004 – Antoni Szydło, Polski Cement.
- [3] Caltrans County Road 32A Diamond Grooving Experiment Sacramento CA Draft Report 2007 – Larry Scofield.

- [4] Precast Concrete Panels for Repair and Rehabilitation of Jointed Concrete Pavements 2008 – CPTP TechBrief, Federal Highway Administration.
- [5] Chausées en béton. Guide technique. LCPC, SETRA 2000.
- [6] International Grooving & Grind Association ([www.igga.net](http://www.igga.net)).
- [7] Highways maintenance ([www.highwaysmaintenance.com](http://www.highwaysmaintenance.com)).