

Politechnika Warszawska
Instytut Inżynierii Budowlanej
Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych

PRACA KONKURSOWA

Zaobserwowana naprawa uszkodzenia obiektu budowlanego

Spękanie poprzeczne płyty zatoki autobusowej

Sporządził
Wojciech Gawroński Grupa 5
Warszawa 02.02.15

Spis treści

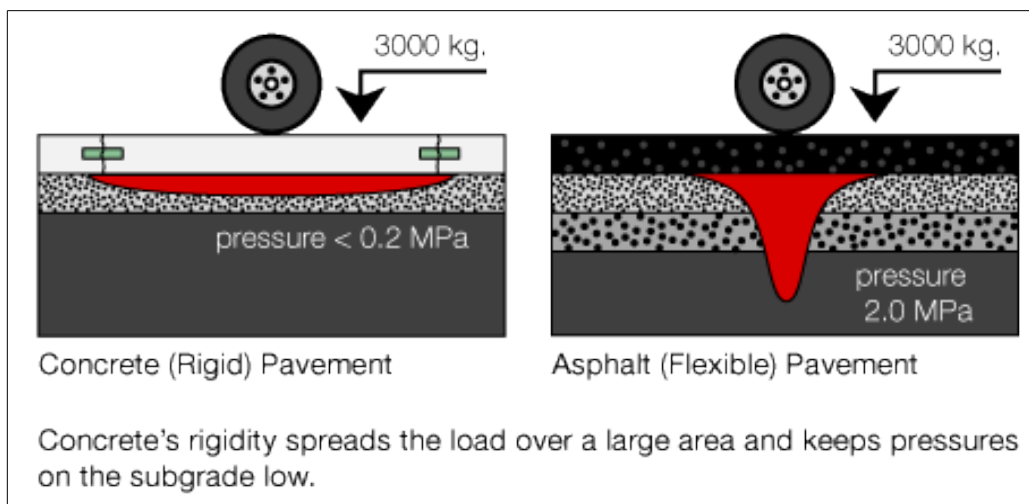
1. Wprowadzenie.....	3
2. Lokalizacja przystanku autobusowego.....	5
3. Analiza sytuacji.....	7
4. Identyfikacja uszkodzenia.....	8
5. Powstanie uszkodzenia.....	11
6. Analiza naprawy uszkodzenia.....	14
7. Spis literatury:.....	15

1. Wprowadzenie

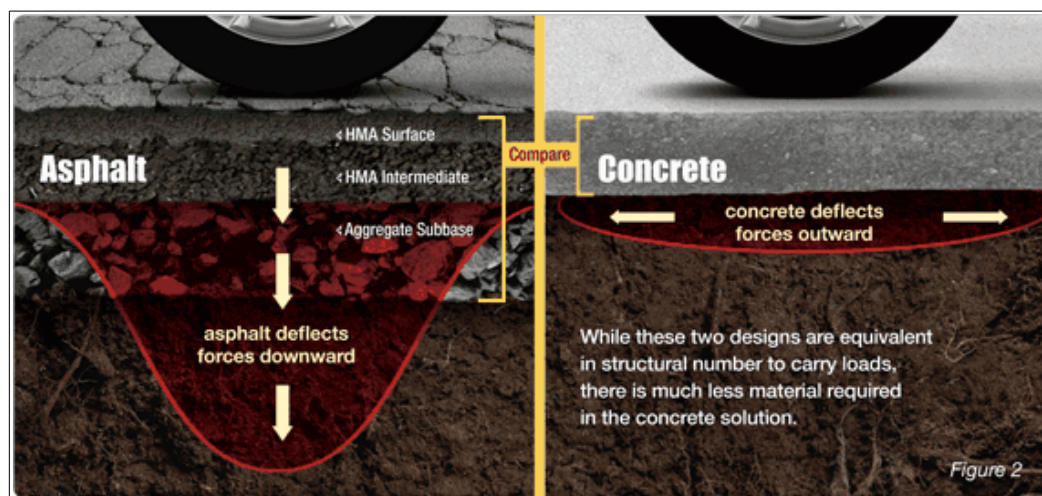
W wielkich miastach, takich jak Warszawa, w komunikacji ważną rolę pełnią środki transportu zbiorowego, w tym autobusy, które zmniejszają natężenie ruchu na ulicach, usprawniając tym transport w mieście. Wraz z poszerzaniem się granic aglomeracji i budową nowych osiedli zwiększa się liczba osób korzystających z autobusów. Skutkuje to większą częstością ich kursów oraz zapotrzebowaniem na coraz większą liczbę autobusów, które są coraz bardziej pojemne. O dziwo, nie zmienia to napełnienia autobusów w godzinach szczytu na najważniejszych arteriach miasta np. Trasie Łazienkowskiej. Wtedy nawet największe przegubowce bywają przepełnione. Niestety, ma to niekorzystny wpływ na nawierzchnie, po których się poruszają. Ma to związek ze wzrostem masy autobusów z biegiem lat, co przekłada się na obciążenie dróg. Jednak w Polsce kupowanie nowych autobusów przychodzi łatwiej niż modernizacja nawierzchni, po których mają się poruszać. A projektanci nie zawsze są w stanie przewidzieć, jakie obciążenia będzie musiała przenosić nawierzchnia za na przykład 10 lat, co jest w okresie szybkiego rozwoju Polski niedużym okresem. Zdarzają się też losowe sytuacje, w których projektanci popełniają błędy w przyjmowanych założeniach obciążeń albo wykonawcy nie dbają o rzetelną realizację projektu.

Szczególnie narażonym miejscem na przejazd autobusów jest zatoka autobusowa, na której występują równocześnie statyczne i dynamiczne siły pochodzące od pojazdu, mające związek z dłuższym jego postojem i hamowaniem. Z tego względu wycofuje się już z kładzenia na nich nawierzchni asfaltobetonowych (później nazywanych asfaltowymi) oraz kostek brukowych na rzecz płyt betonowych. Asfalt i kostka słabo się spisują ze względu na ich podatny (ewentualnie półsztywny) charakter pracy, co prowadzi do powstawania kolein, zapadnięć i innych deformacji. Z kolei beton jest nawierzchnią sztywną, co oznacza, że nie ulega odkształceniom zmęczeniowym, a obciążenia przenosi w sposób sprężysty, w odróżnieniu od nawierzchni podatnych, które przenoszą je odkształcając się plastycznie. Dodatkowo beton jest w stanie przenieść dużo większe obciążenia od asfaltu, dlatego stosuje się go np. na nawierzchniach lotnisk. Różnica w cechach pracy betonu i asfaltu ukazana jest na rysunku Rys. 1.

Przedstawiono na nim rozkład naprężeń pod kołem, które przenosi masę 3000kg, idąc z lewej dla betonu i asfaltu. Na rysunku Rys. 2 przedstawiono strzałkami rozkład przekazywanych sił występujących w kolejnych warstwach nawierzchni asfaltowej i betonowej. W asfalcie siły są przenoszone głównie pionowo, bezpośrednio na grunt.



Rys. 1 Rozkład naprężeń w różnych nawierzchniach drogowych [2]



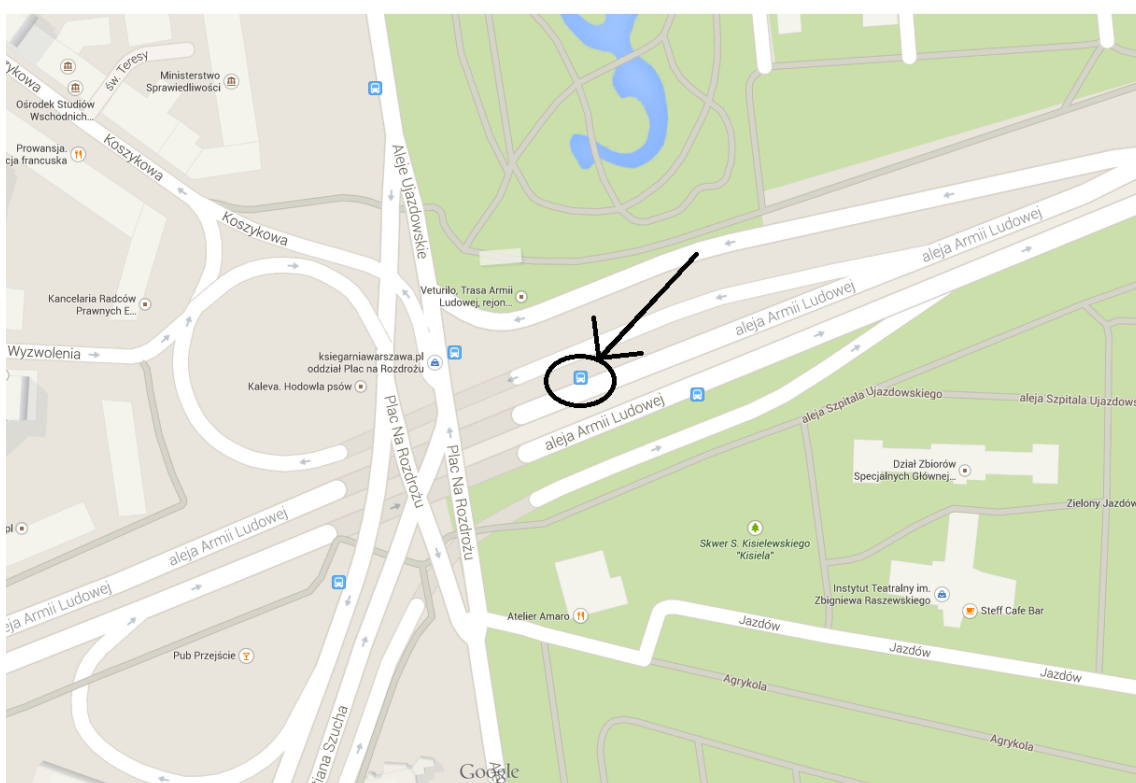
Rys. 2 Rozkład sił w różnych nawierzchniach drogowych [3]

W parze z wysoką plastycznością przyczynia się to do powstawania kolein i deformacji pionowych. Beton zaś większą część sił przekazuje na boki, powodując jego rozciąganie. Nie oznacza to jednak, że beton nie ulega uszkodzeniom. Z powodu występowania naprężeń rozciągających przekraczających projektowane maksymalne i wysokiej sprężystości mogą powstawać na jego powierzchni spękania, które, jeśli są niewielkie, nie powodują pogorszenia właściwości betonu i

nie wymagają łątania. Jeśli jednak degradacja postępuje, należy takie spękania odpowiednio łątacz. W przeciwnym wypadku spękanie będzie się poszerzać, wydłużać i pogłębiać, szczególnie w okresie zimowym, gdzie oscylacje temperatur wokół 0°C mogą powodować w szczelinach korozję mrozową. Naprawa powierzchni powinna być tania i skuteczna, czyli zapewniająca jak najdłuższe utrzymanie spękania uszczelnionego. Najczęściej korzysta się z mas zalewowych np. na gorąco, która składa się z asfaltu modyfikowanego polimerami, mineralnych substancji wypełniających i dodatków organicznych [1] [4].

2. Lokalizacja przystanku autobusowego

Przystanek autobusowy znajduje się na placu na Rozdrożu, przy Trasie Łazienkowskiej, przy pasie ruchu w stronę Ronda Jazdy Polskiej. Został on zaznaczony na poniższym planie sytuacyjnym (Rys. 3). Na tymże przystanku zauważyłem naprawione uszkodzenie w płycie zatoki autobusowej.

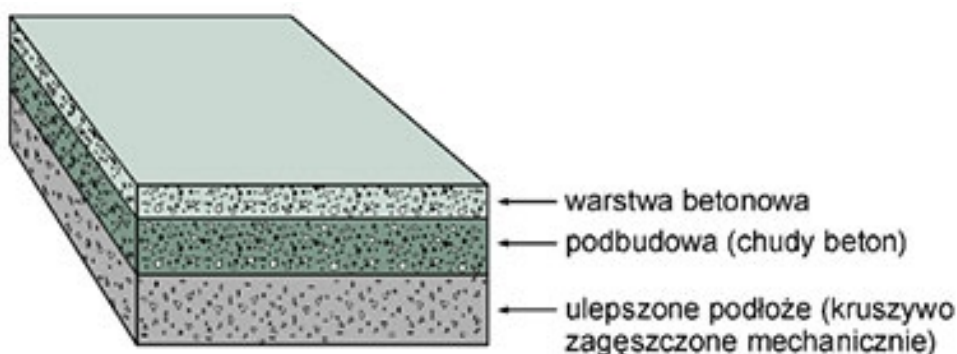


Rys. 3 Wskazane miejsce przystanku na mapie

3. Analiza sytuacji

Płyta zatoki autobusowej składa się z warstwy ścieralnej, która jest monolityczna, czyli tworzy jednorodną całość, oraz z niższych warstw, które mogą być idąc w głąb chudym betonem, a niżej kruszywem zagęszczanym mechanicznie. Zostało to przedstawione na przekroju Rys. 4. Pomocne w określeniu materiału, z którego została wykonana płyta było zauważenie, że jest to nawierzchnia sztywna. Na całej wielkości jest ona prawie idealnie płaska, w odróżnieniu od przylegającej nawierzchni Trasy Łazienkowskiej wykonanej z asfaltu, na której zaraz przed i za płytą zatoki widać tworzące się koleiny. Spostrzeżenia te wskazują na betonowy rodzaj nawierzchni zatoki, co z wyglądu nie było łatwe do określenia. Na całej długości płyty nie stworzono przerw dylatacyjnych, które najczęściej towarzyszą betonowym płytom, jednak uważam, że wyciągnięte wnioski i wizualna ocena świadczą o tym, że został wykorzystany materiał betonowy.

Warstwa ścieralna została wykonana z betonu składającego się ze spoiwa cementowego i kruszywa jednofrakcyjnego o wymiarze kruszywa $\sim 8/16$. Ze względu na charakterystyczny czarny kolor wydaje się, że jest to kruszywo bazaltowe. [5]



Rys. 4 Przekrój przez drogę betonową [5]

4. Identyfikacja uszkodzenia

Na płycie zatoki autobusowej zauważyłem spękania poprzeczne, które pojawiły się, patrząc wzdłuż kierunku jazdy:

- 1) na końcu płyty
- 2) kilka metrów przed końcem płyty
- 3) pośrodku płyty

Szczegółowe fotografie zostały umieszczone w dalszej części tego rozdziału. Fot. 1 i Fot. 2 ukazują pierwsze i trzecie spękanie, Fot. 3 drugie spękanie w widoku ogólnym, a następne trzy (Fot. 4,5,6) przybliżenia poszczególnych fragmentów drugiego spękania. Najmniejsze okazało się trzecie, pojedyncze spękanie, następnie było pierwsze, podwójne spękanie, a największe było potrójne, drugie spękanie.



Rys. 4 Umiejscowienie spękań poprzecznych



Fot. 1 Spękanie poprzeczne pierwsze



Fot. 2 Spękanie poprzeczne trzecie



Fot. 3 Spękanie poprzeczne drugie



Fot. 4 Spękanie poprzeczne drugie – bliższa część



Fot. 5 Spękanie poprzeczne drugie – środkowa część



Fot. 6 Spękanie poprzeczne drugie – dalsza część

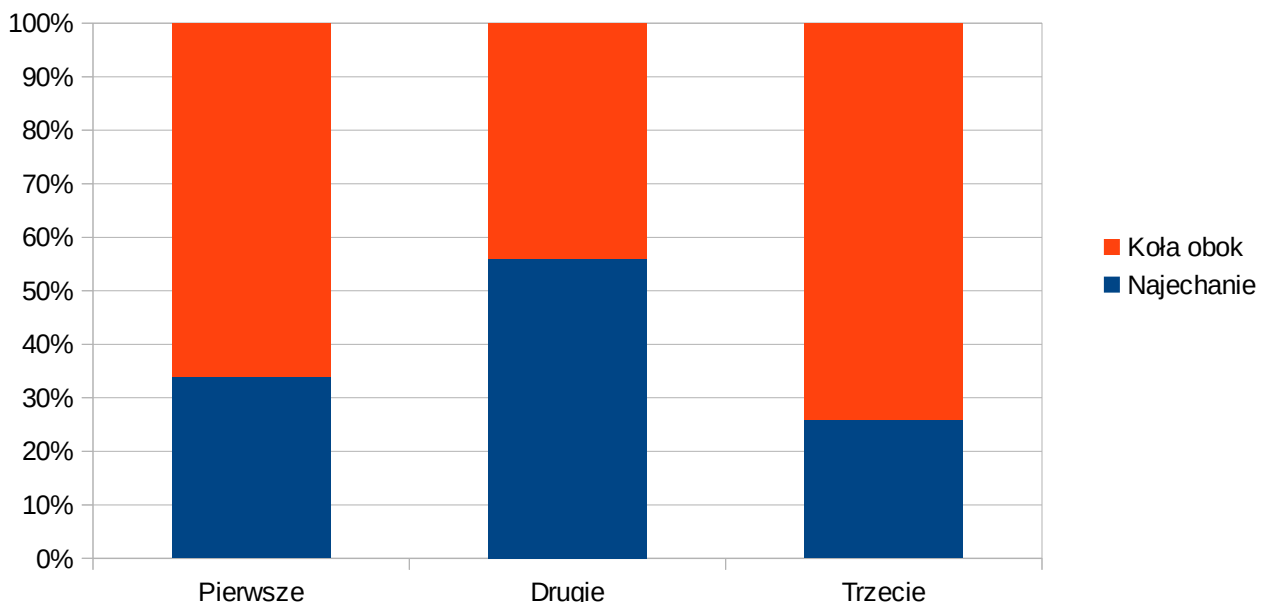
5. Powstanie uszkodzenia

Rozważając na temat spękań, należy postawić sobie dwa kluczowe pytania:

- Dlaczego spękanie betonu nastąpiło konkretnie w tych miejscach?
- Dlaczego właściwie nastąpiło spękanie betonu?

Przyczyna ich miejsc powstania rzuciła mi się w oczy po kilku przejazdach autobusów po płycie. Wydawało się, że dosyć często autobusy zatrzymywały się kołami w pobliżu miejsc powstania pęknięć. Okazało się także, że pierwsze i trzecie pęknięcie znajdują się w odległości bliskiej rozstawu dwóch pierwszych osi autobusów. W związku z tym postanowiłem sprawdzić tezę, że najczęściej autobusy zatrzymywały się w pobliżu powstałych spękań. Sprawdziłem 50 autobusów, które przyjechały na przystanek w godzinach porannego szczytu, pod względem ilości spękań, na które wjechały poszczególne autobusy. Wyniki tego badania przedstawiono na poniższym wykresie.

Rozkład najechań spękań przez autobusy



Przez najechanie rozumiem oddalenie styku koła z nawierzchnią od środka spękania o na oko 40cm. Widać, że ponad połowa autobusów regularnie stawiała przednim lub środkowym kołem na drugie spękanie, a ponad 30% stawiało przednimi kołami na spękanu pierwszym. Najmniej autobusów najechało trzecie

spękanie. Widać tutaj pewną korelację między umiejscowieniem spękań, a obszarami najczęściej najeżdżanymi przez koła autobusów.

Przyczyna wystąpienia uszkodzenia betonu jest już trudniejsza do wyjaśnienia. Duży wpływ ma na to czas który upłynął od momentu wykonania płyty. Jeśli płyta ma więcej niż 10 lat, to przyczynami mogą być:

- zwiększenie masy autobusów na przestrzeni lat
- ilość przejeżdżających autobusów

W Warszawie przez ostatnie 20 lat tabor autobusów ZTM zmienił się całkowicie. Kiedyś jeździło się jedynie Ikarusami, a teraz wszystkie zostały wycofane z publicznego transportu. Zostały one zastąpione różnymi modelami autobusów niskopodłogowych. Jednak niesie to za sobą skutki w obciążeniu dróg. W tabeli Tab. 1 zestawiono parami nieprzegubowe i przegubowe autobusy, porównując starsze modele z nowymi niskopodłogowymi. Za przykłady wzięto najbardziej typowe i popularne modele autobusów.

Tab. 1 Porównanie mas różnych autobusów [6]

Rodzaj autobusu		Masa własna tony [t]	Średnia maksymalna masa załadunkowa [t]	Masa całkowita [t]
Nieprzegubowe	Ikarus 260	9	7	16
	Solaris Urbino 12	11	7	18
Przegubowe	Ikarus 280	12	10	22
	Solaris Urbino 18	16	12	28

Jak widać, liczba pasażerów albo się nie zmieniła, albo wzrosła nieznacznie, a największe znaczenie miała większa masa nowoczesnych autobusów. Sumując, masa nie-przegubowców wzrosła o 12.5%, a masa przegubowców o 27.3%. W pierwszym przypadku różnica nie jest tak drastyczna, jednak w przypadku autobusów przegubowych jest to wzrost masy znaczący przy obliczeniach w fazie projektowania. Prowadzi to do przeciążenia płyty. Szczególnie w miejscach

newralgicznych, na przykład takich jak ten przystanek, może okazać się dodatkowo, że na przestrzeni lat ilość autobusów zatrzymujących się na tym przystanku wzrosła, osiągając aktualnie ilość ponad 800 autobusów dziennie [7]. Wniosek ten wydaje się słuszny uwzględniając rozwój Warszawy oraz politykę udrażniania ulic poprzez środki transportu miejskiego. Powoduje to zwiększenie natężenia ruchu od zakładanego w projekcie, prowadząc do wyeksploatowania płyty zatoki.

Jeśli płyta ma kilka lat, oznacza to, że została ona nieprawidłowo zaprojektowana pod względem przyjętych kryteriów obciążeń i natężenia ruchu charakterystycznych dla danych dróg, albo założono za mały współczynnik bezpieczeństwa dla płyty betonowej. Warto także zwrócić uwagę na brak szczelin w płycie betonowej, które najczęściej są stosowane w tego rodzaju nawierzchniach. Dlaczego tutaj ich nie zastosowano? Spękania takiej wielkości nie powinny pojawić się w tak krótkim czasie użytkowania zatoki autobusowej.

6. Analiza naprawy uszkodzenia

Spękania zostały załatane zaprawą cementową, w której skład na pewno wchodził cement i kruszywo o wymiarze nie przekraczającym 0/2. Jej wygląd został przedstawiony na fotografii Fot. 7. Ten sposób naprawy jednak nie wydaje się najlepszym rozwiązaniem. Jest on wręcz nietypowy jeśli chodzi o uszczelnianie spękań na nawierzchni betonowej. Wydaje się, że zaprawa została ułożona wzdłuż spękań, ale nie wnikając w głąb pustej przestrzeni, ale zakrywając uszkodzenie. Takie rozwiązanie jest tutaj kompletnie nie na miejscu, gdyż po dłuższym czasie opony autobusów starły zaprawę z części naprawionych spękań. Stało się tak, bo zaprawa wystawała ponad nawierzchnię, a opony starły ją, zrównując do reszty płyty. Dodatkowo wzdłuż boków położonej zaprawy po jakimś czasie zaczęły powstawać nowe spękania.

Według mnie, do uszczelnienia poprzecznych spękań, należałoby zastosować zalewę na bazie żywic syntetycznych lub asfaltu, posiadającą bardzo dobrą zdolność wypełniania spękań i szczelin, bardzo dobrą przyczepność do

ścianek, a także dobrą rozciągliwość w niskich temperaturach. Szczelina powinna zostać poszerzona nawet do 1.5cm, wyczyszczona mechanicznie i wypełniona zalewą na głębokość 2cm tak, aby wierzch zalewy był w przybliżeniu na poziomie powierzchni płyty. [8]



Fot. 7 Zbliżenie zaprawy pokrywającej spękanie

Do tego momentu praca powstała na podstawie obserwacji dokonanych na początku listopada. Jednak wybrałem się tam ponownie na przełomie stycznia i lutego. Wygląd spękań, w szczególności największego (drugiego), przedstawiał się całkowicie inaczej, co można zauważyć na dwóch fotografiach, Fot. 8-9, gdzie przedstawiono porównanie spękania do stanu poprzedniego. W przeciągu dwóch miesięcy nastąpiło poszerzenie się spękania i na jego pewnych odcinkach znaczny ubytek betonu. Ukazuje to nieskuteczność dokonanej naprawy nawierzchni. Pogorszenie sytuacji można przypisać nie uszczelnieniu w głąb spękań oraz zimie, która wykorzystwała to bardzo szybko. Woda, dostając się w nieszczelności i zamarzając, spowodowała wykruszenie się betonu i w pewnych miejscach odpadnięcie znacznych kawałków betonu, pozostawiając niezabezpieczone dziury. Ze względu na to proces degradacji nawierzchni wzdłuż spękań będzie postępował

teraz jeszcze szybciej niż dotychczas, szczególnie, jeśli będą często występować opady atmosferyczne i wahania temperatur wokół 0°C. Warto zauważyć, że w rozdziale pierwszym została wspomniana możliwość mrozowej korozji betonu i jej skutków, co było jak widać słuszną i urzeczywistnioną teorią.



Fot. 8-9 Porównanie części spękania drugiego do stanu poprzedniego

7. Spis literatury:

- [1] Leszek Cupryjak, Zatoki autobusowe – trwałe nawierzchnie z betonu cementowego, Przegląd Komunalny 3(102)/2000, str. 45
- [2] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=153338&page=16>
- [3] <http://www.chaneyenterprises.com/index.cfm/go/products.viewproduct/id/Parking-Lots/productid/11>
- [4] <http://skn.pl/pl/strony/bornit-asfaltowa-zalewa-drogowa-tl/>
- [5] http://www.drogibetonowe.pl/page/drogi_betonowe/
- [6] http://pl.wikipedia.org/wiki/Miejskie_Zak%C5%82ady_Autobusowe_w_Warszawie
- [7] <http://www.ztm.waw.pl/>
- [8] Załącznik nr 11 do SIWZ, Naprawa (Przez Uszczelnienie) Podłużnych I Poprzecznych Spękań Nawierzchni Betonowych, D - 05.03.16
- [9] <http://www.inzynierbudownictwa.pl/>