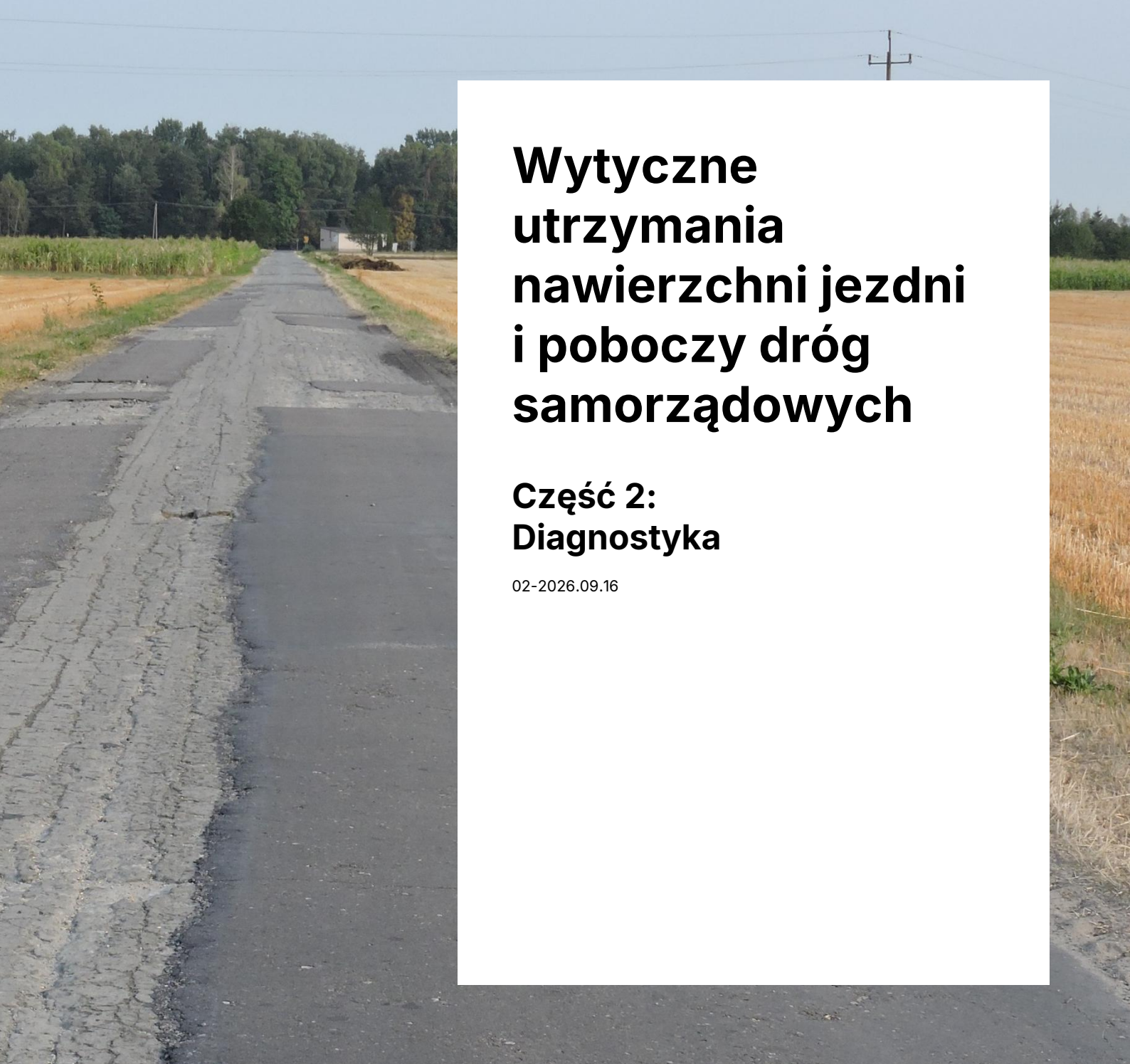




Wytyczne utrzymania nawierzchni jezdni i poboczy dróg samorządowych

Część 2: Diagnostyka

02-2026.09.16

**Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu**

WR-D-83-2

WR-D-83-2

Wytyczne utrzymania nawierzchni jezdni i poboczy dróg samorządowych. Część 2: Diagnostyka

Wersja: 02

Obowiązuje od: 2026.09.16

Rekomendował: **Minister Infrastruktury w dniu 16 września 2026 r. (DDP-4.0600.10.2026)**

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:

- 1) nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych, ale stanowią jeden ze zbiorów zasad wiedzy technicznej w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
- 2) zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
- 3) nie zwalniają osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z odpowiedzialności zawodowej.

Sporządzono na podstawie „Wytycznych utrzymania dróg samorządowych. Część 2: Diagnostyka” opracowanych przez Zespół w składzie:

Karol Kowalski, Jan Król, Adam Liphardt, Piotr Mackiewicz, Piotr Pokorski, Piotr Radziszewski, Michał Sarnowski, Antoni Szydło

Koordynator zamówienia: Piotr Mackiewicz

Wersja 01 została sporządzona na podstawie opracowania wykonanego przez Zespół w składzie:

Karol Kowalski, Bartłomiej Krawczyk, Jan Król, Adam Liphardt, Piotr Mackiewicz, Piotr Radziszewski, Michał Sarnowski, Antoni Szydło

Koordynator zamówienia: Stanisław Gaca

Jednostka odpowiedzialna:

Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych
ul. Chałubińskiego 4/6, 00-968 Warszawa

© Skarb Państwa – Minister Infrastruktury

Zdjęcie na okładce © Michał Sarnowski

Przygotowanie wersji 02 WR-D-83-2 sfinansowano ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach programu Pomoc Techniczna dla Funduszy Europejskich 2021-2027.



Pomoc Techniczna
dla Funduszy Europejskich



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Spis treści

1. Przedmiot i zakres stosowania

2. Wykaz opracowań powołanych

2.1. Akty prawne

2.2. Pozostałe opracowania

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

3.2. Skróty

3.3. Symbole

4. Identyfikacja parametrów stanu nawierzchni jezdni

4.1. Równość podłużna

4.2. Równość poprzeczna

4.3. Właściwości przeciwpoślizgowe

4.4. Cechy powierzchni

4.5. Nośność

4.5.1. Wprowadzenie

4.5.2. Pomiar punktowy – ugięciomierz FWD

4.5.3. Pomiar punktowy – ugięciomierz Benkelmana

4.5.4. Pomiar ciągły – ugięciomierz TSD

4.5.5. Procedury obliczania parametrów stanu nawierzchni jezdni

4.6. Procedura wyznaczania wskaźników i oceny stanu nawierzchni jezdni

4.6.1. Wyznaczanie wskaźników stanu

4.6.2. Wyznaczanie wskaźników zespolonych

4.6.3. Wskaźniki zespolone w wariantach oceny stanu nawierzchni asfaltowych

4.6.4. Wskaźniki zespolone w wariantach oceny stanu nawierzchni betonowych

4.6.5. Ocena stanu nawierzchni jezdni

5. Identyfikacja parametrów stanu nawierzchni poboczy drogi

5.1. Pobocza o nawierzchni twardej

5.2. Pobocza gruntowe

6. Kontrola stanu dróg na podstawie przeglądu wizualnego

7. Klasyfikacja uszkodzeń nawierzchni i poboczy drogi

7.1. Asfaltowe nawierzchnie jezdni

7.1.1. Nierówności – deformacje trwałe

7.1.2. Uszkodzenia powierzchniowe – spękania

7.1.3. Uszkodzenia powierzchniowe – łaty, wyboje i ubytki

7.2. Betonowe nawierzchnie jezdni

7.2.1. Nierówności – deformacje

7.2.2. Uszkodzenia powierzchniowe – spękania pojedyncze

7.2.3. Uszkodzenia powierzchniowe – spękania powierzchniowe

7.2.4. Uszkodzenia powierzchniowe – ubytki

7.2.5. Uszkodzenia wypełnień szczelin (masy zalewowej, wkładek, profili)

7.3. Pobocza o nawierzchni twardej

7.4. Pobocza gruntowe

1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Wytyczne utrzymania nawierzchni jezdni i poboczy dróg samorządowych WR-D-83 składają się z trzech części:

- a) Część 1: Wymagania podstawowe
- b) Część 2: Diagnostyka
- c) Część 3: Rozwiązania materiałowo-technologiczne stosowane przy remontach

(2) Przedmiotem niniejszych wytycznych są zasady diagnozowania oraz metody oceny stanu nawierzchni jezdni i poboczy dróg samorządowych, w tym klasyfikacji ich uszkodzeń.

(3) Wytyczne stosuje się do utrzymania nawierzchni jezdni i poboczy dróg kategorii:

- a) krajowej, których zarządcą nie jest Generalny Dyrektor Dróg Krajowych i Autostrad,
- b) wojewódzkiej,
- c) powiatowej,
- d) gminnej.

(4) Wytyczne stosuje się do utrzymania:

- a) jezdni o nawierzchni twardej (asfaltowej lub betonowej), w tym placów i stanowisk postojowych,
- b) części poboczy o nawierzchni twardej (opasek zewnętrznych, pasów awaryjnych) oraz opasek wewnętrznych,
- c) poboczy lub części poboczy o nawierzchni gruntowej.

(5) W wersji 02 dokumentu ujednolicono stosowaną nomenklaturę, zaktualizowano definicje, oznaczenia i symbole oraz uporządkowano sposób stosowania pojęć. Zmodyfikowano zakres badań i pomiarów, uwzględniając zróżnicowane możliwości techniczne, organizacyjne i finansowe zarządców dróg. Wprowadzono większą elastyczność poprzez doprecyzowanie poziomów diagnostyki oraz wskazanie wariantów oceny wraz z zasadami ich doboru. Doprecyzowano procedurę klasyfikacji stanu nawierzchni, w tym kryteria wyznaczania poziomów decyzyjnych i klas stanu. Zapewniono bardziej czytelne powiązanie cech nawierzchni, parametrów stanu nawierzchni z oceną stanu. Przedstawiono trzy metody oceny z uwzględnieniem: cech nawierzchni jezdni, wskaźników zespolonych oraz zidentyfikowanych rodzajów uszkodzeń oraz ich zakresów i intensywności.

2. Wykaz opracowań powołanych

2.1. Akty prawne

- [1] Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz.U. z 2025 r. poz. 889, z późn. zm.).
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2026 r. poz. 524, z późn. zm.).

2.2. Pozostałe opracowania

- [3] Diagnostyka stanu nawierzchni i wybranych elementów korpusu drogi. Wytyczne stosowania, GDDKiA, 2019.
- [4] Wytyczne diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich. Zarządy Dróg Wojewódzkich, 2018.

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

Cechy nawierzchni jezdni – właściwości nawierzchni, które zmieniają się w procesie eksploatacji pod wpływem ruchu i czynników atmosferycznych. Są one kluczowe dla scharakteryzowania poziomu bezpieczeństwa i komfortu jazdy. Rozróżnia się cechy nawierzchni jezdni (asfaltowych i betonowych): równość podłużną, równość poprzeczną, cechy powierzchni, nośność, cechy w obszarze krawędzi płyt (dodatkowo dla nawierzchni betonowych).

Cechy poboczy – właściwości poboczy, które zmieniają się w procesie eksploatacji pod wpływem ruchu i czynników atmosferycznych. Właściwy stan poboczy jest kluczowy dla zapewnienia warunków odwodnienia, lokalizacji infrastruktury i bezpieczeństwa ruchu.

Diagnostyka stanu nawierzchni jezdni i poboczy dróg – działania obejmujące identyfikację, analizę statystyczną, wyznaczanie wskaźników, a następnie ocenę stanu nawierzchni jezdni i poboczy dróg. Proces diagnostyczny umożliwia także ocenę cech nawierzchni jezdni i poboczy.

Kategoria ruchu (KR) – jeden z przedziałów określających ruch projektowy od KR0 do KR7, w zależności od sumarycznej liczby osi równoważnych 100 kN lub 115 kN w okresie projektowym.

Nośność konstrukcji nawierzchni – cecha nawierzchni charakteryzująca zdolność konstrukcji nawierzchni do przejmowania obciążeń od ruchu drogowego, mierzona ugięciem nawierzchni pod obciążeniem standardowym.

Identyfikacja parametrów stanu nawierzchni jezdni i poboczy dróg – proces wyznaczania i pozyskiwania informacji o parametrach pozwalających wyrazić ilościowo stan i cechy nawierzchni jezdni oraz poboczy dróg.

Ocena stanu nawierzchni jezdni i poboczy dróg – proces klasyfikowania stanu nawierzchni jezdni i poboczy dróg na podstawie poziomów decyzyjnych (pożądany, ostrzegawczy, krytyczny) do jednej z czterech klas (A – stan dobry, B – stan zadowalający, C – stan niezadowalający, D – stan zły). Proces oceny umożliwia klasyfikację zarówno na podstawie parametrów stanu (nawierzchni jezdni i poboczy dróg), jak i wskaźników zespolonych dla różnych wariantów oceny stanu nawierzchni jezdni lub poboczy.

Odcinek diagnostyczny – odcinek drogi w obrębie jednego pasa ruchu, dla którego przeprowadzana jest ocena stanu nawierzchni jezdni lub poboczy dróg. Odcinek ten powinien zawierać się w obszarze jednego odcinka międzywęzłowego. Jego długość zależy od badanej cechy drogi, może być też ustalona przez zarządcę drogi. Typowe długości odcinka diagnostycznego wynoszą 1000 m, 100 m, 10 m.

Odcinek pomiarowy – odcinek drogi w obrębie jednego pasa ruchu, dla którego przeprowadzane są pomiary parametrów stanu nawierzchni jezdni lub poboczy. Z reguły odcinki pomiarowe są zadeklarowane w systemie pomiarowym danych urządzeń. Typowe długości odcinków pomiarowych, na których rejestrowane są dane wynoszą: 1 m, 5 m, 10 m, 20 m, 50 m.

Parametr stanu nawierzchni jezdni – wielkość zidentyfikowana na podstawie metod badawczych/pomiarowych wyrażająca ilościowo stan i cechy nawierzchni jezdni, zasadniczo w wartościach pomierzonych/zbadanych.

Parametr stanu poboczy – wielkość zidentyfikowana na podstawie metod badawczych/pomiarowych wyrażająca ilościowo stan i cechy poboczy, zasadniczo w wartościach pomierzonych/zbadanych.

Poziom oceny stanu nawierzchni jezdni – zdefiniowany zakres postępowania, w jakim powinien być oceniany stan nawierzchni jezdni w celu podejmowania strategii utrzymaniowych. Określa się trzy poziomy, zróżnicowane pod względem cech drogi oraz częstotliwości stosowania oceny. Poziomy oceny powiązane są z wariantami oceny stanu nawierzchni jezdni.

Przegląd wizualny nawierzchni jezdni i poboczy – działania obejmujące identyfikację wybranych cech powierzchni oraz cech poboczy dróg, a następnie ogólną, wstępną ocenę stanu nawierzchni jezdni i poboczy dróg. Przegląd wizualny zalecany jest do realizacji co roku dla trzech poziomów oceny.

Remont nawierzchni – wykonywanie robót przywracających pierwotny stan (cechy eksploatacyjne) nawierzchni, także przy użyciu wyrobów budowlanych innych niż użyte w stanie pierwotnym.

Równość podłużna – właściwość techniczno-eksploatacyjna określająca nierówności nawierzchni w kierunku podłużnym do osi jezdni (zgodnie z kierunkiem jazdy), w zakresie długości fali równości. Określa zdolność nawierzchni jezdni do niewzbudzania wstrząsów i drgań poruszającego się pojazdu.

Równość poprzeczna – właściwość techniczno-eksploatacyjna określająca nierówności nawierzchni w kierunku poprzecznym do osi jezdni (prostopadle do kierunku jazdy), w zakresie długości fali równości.

Właściwości przeciwpoślizgowe – cecha charakteryzująca przyczepność pomiędzy powierzchnią nawierzchni a oponą pojazdu, określoną zgodnie ze standaryzowaną metodą.

Wariant oceny stanu nawierzchni jezdni lub poboczy – zdefiniowany algorytm oceniania stanu nawierzchni jezdni lub poboczy na podstawie wskaźników zespolonych, dostosowany do różnych kryteriów strategii utrzymaniowej. Rozróżnia się podstawowe warianty: optymalny, optymalny uzupełniony o ocenę właściwości przeciwpoślizgowych, zalecany, podstawowy, minimalny.

Wskaźnik stanu nawierzchni – wskaźnik wyrażający ilościowo cechę nawierzchni oraz charakteryzujący jej uszkodzenie/degradację, obliczony na podstawie parametru stanu nawierzchni jezdni i znormalizowany do wartości bezwymiarowej.

Wskaźnik zespolony – wskaźnik wyrażający ilościowo wybrane cechy nawierzchni jezdni oraz charakteryzujący ich uszkodzenie/degradację, obliczony na podstawie wskaźników stanu nawierzchni jezdni. Wyrażany w znormalizowanej wartości bezwymiarowej i wykorzystywany do klasyfikacji w różnych wariantach oceny stanu nawierzchni jezdni. Rozróżnia się wskaźniki zespolone: wskaźnik stanu konstrukcji, wskaźnik stanu powierzchni, wskaźnik stanu użytkowego.

Utrzymanie nawierzchni jezdni i poboczy dróg – kompleksowe działania polegające na planowaniu, diagnostyce, a następnie remoncie nawierzchni jezdni i poboczy dróg, w celu przeciwdziałania przyspieszonej i niekontrolowanej degradacji nawierzchni i poboczy dróg na różnym etapie jej eksploatacji. Planowanie uwzględnia m.in. ustalenie poziomów i wariantów oceny nawierzchni jezdni i poboczy dróg.

3.2. Skróty

FWD (ang. Falling Weight Deflectometer) – ugięciomierz dynamiczny.

IRI (ang. International Roughness Index) – międzynarodowy wskaźnik równości, parametr równości podłużnej.

LTE (ang. Load Transfer Efficiency) – współczynnik przenoszenia obciążeń (współpracy płyt betonowych).

TSD (ang. Traffic Speed Deflectometer) – mobilny ugięciomierz laserowy.

3.3. Symbole

(1) W tab. 3.3.1 zestawiono wykaz symboli użytych w niniejszych wytycznych wraz z odpowiednią jednostką oraz opisem.

Tab. 3.3.1. Wykaz zastosowanych symboli

Symbol	Jednostka	Opis
GK	[mm]	głębokość koleiny
GNP	[mm]	głębokość nierówności poprzecznej
IRI _{śr}	[m/km]	średnia wartość IRI
LIW	[m ²]	łaty, wyboje i ubytki
LTE	[%]	współczynnik przenoszenia obciążeń (współpracy płyt)

NPO	[cm]	zaniżenie poboczy
ORP	[mm]	odchylenie równości podłużnej
SCI	[μm]	wskaźnik krzywizny ugięcia
SPD	[m]	spękania pojedyncze
SPO	[m ²]	spękania powierzchniowe
UB	[m ²]	ubytki (wyboje, lejki, złuszczenia, wykruszenia krawędzi)
UD0m	[μm]	ugięcie miarodajne
USK	[mm]	uskoki płyt
WPO	[cm]	zawyżenie poboczy
WSGK	[-]	wskaźnik stanu głębokości koleiny
WSGNP	[-]	wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej
WSK	[-]	wskaźnik zespolony stanu konstrukcji
WSLIW	[-]	wskaźnik stanu łat, wybojów i ubytków
WSLTE	[-]	wskaźnik stanu przenoszenia obciążeń
WSP	[-]	wskaźnik zespolony stanu powierzchni
WSRP_IRIśr	[-]	wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr
WSRP_ORP	[-]	wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP
WSSCI	[-]	wskaźnik stanu krzywizny ugięcia
WSSPD	[-]	wskaźnik stanu spękań pojedynczych
WSSPO	[-]	wskaźnik stanu spękań powierzchniowych
WSU	[-]	wskaźnik zespolony stanu użytkowego
WSUB	[-]	wskaźnik stanu ubytków
WSUD0m	[-]	wskaźnik stanu ugięcia miarodajnego
WSUSK	[-]	wskaźnik stanu uskoków płyt
WSWSZ	[-]	wskaźnik stanu wypełnienia szczelin
WSWT_C30	[-]	wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30 km/h
WSWT_C60	[-]	wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60 km/h
WSWT_N30	[-]	wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30 km/h
WSWT_N60	[-]	wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60 km/h
WSZ	[m]	wypełnienie szczelin
WTC30	[-]	średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30 km/h
WTC60	[-]	średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60 km/h
WTN30	[-]	średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30 km/h
WTN60	[-]	średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60 km/h

4. Identyfikacja parametrów stanu nawierzchni jezdni

(1) Identyfikacja parametrów stanu nawierzchni jezdni stanowi istotny etap diagnostyki stanu nawierzchni jezdni w procesie długoterminowego utrzymania [1], [2]. Na podstawie metod badawczych/pomiarowych możliwe jest wyrażenie ilościowo stanu i cechy nawierzchni jezdni.

4.1. Równość podłużna

(1) Równość podłużna, a także uskoki płyt w przypadku nawierzchni betonowych są jedną z podstawowych cech nawierzchni, która określa, w jakim stopniu geometria nawierzchni drogowej jest zbieżna z geometrią wymaganą (idealną).

(2) Do oceny równości podłużnej nawierzchni stosuje się metody:

- a) profilometryczną, bazującą na wskaźnikach równości IRI,
- b) pomiaru ciągłego z wykorzystaniem planografu (równoważna metodzie „łaty i klina”),
- c) „łaty i klina”.

(3) Metodę profilometryczną bazującą na określeniu wskaźnika IRI stosuje się do oceny równości podłużnej warstwy ścieralnej lub warstwy nawierzchniowej oraz uskoków płyt drogi klasy GP lub G.

(4) Stosując profilometr wraz z oprogramowaniem, rejestruje się wartości średnie wskaźnika IRI ($IRI_{\text{śr}}$, [m/km]) oraz maksymalne (IRI_{max} , [m/km]) w czasie rzeczywistym podczas prowadzenia pomiarów na nawierzchni drogi. Pomiar równości podłużnej wykonuje w śladzie prawego koła, zgodnie z projektowanym kierunkiem jazdy z jednostajną prędkością z zakresu od 20 do 100 km/h.

(5) Wartość wskaźnika IRI wyznacza się na odcinku pomiarowym z krokiem co 50 m oraz dodatkowo – w przypadku pasów ruchu drogi klasy GP o dwóch jezdniach głównych – z krokiem co 10 m.

(6) W miejscach niedostępnych lub krótkich odcinkach, na których zastosowanie profilometru jest niemożliwe, ocenę równości podłużnej oraz uskoków płyt wykonuje się metodą pomiaru ciągłego z wykorzystaniem planografu lub metodą „łaty i klina”. W przypadku pomiaru uskoków płyt dopuszcza się zastosowanie liniału pomiarowego.

(7) Ponadto metodę pomiaru ciągłego z wykorzystaniem planografu lub metodę łaty (o długości 4 m) i klina zaleca się stosować do oceny równości podłużnej warstwy ścieralnej lub warstwy nawierzchniowej oraz uskoków, drogi klasy Z, L lub D.

(8) Pomiar planografem wykonuje się w sposób ciągły z prędkością od 3 do 5 km/h. Co 50 mm dokonywany jest zapis pomiaru prześwitu do bazy, z której wybierana jest największa wartość, będąca wynikiem pomiaru „łaty i klina”.

(9) Stosując metodę pomiaru ciągłego z wykorzystaniem planografu lub metody „łaty i klina”, wyznacza się parametr stanu: odchylenie równości podłużnej (ORP, [mm]) na odcinku pomiarowym o długości 50 m.

(10) W pomiarze uskoków dla nawierzchni betonowych na danym odcinku pomiarowym o długości 50 m, rejestrowane są jedynie uskoki o wartościach większych od wartości 5 mm oraz uwzględniane są ich lokalizacje.

(11) Następnie parametr stanu uskoku płyt (USK, [mm]) dla odcinka diagnostycznego drogi oblicza się jako wartość średnią z zarejestrowanych uskoków z odcinków pomiarowych (50 m).

(12) Dodatkowe inne wymagania dotyczące badania równości podłużnej należy stosować zgodnie z WR-D-64.

4.2. Równość poprzeczna

(1) Równość poprzeczna jest jedną z podstawowych cech nawierzchni, która określa, w jakim stopniu geometria nawierzchni drogowej jest zbieżna z geometrią wymaganą (idealną).

- (2) W pomiarach równości poprzecznej nawierzchni rozróżnia się metodę profilometryczną oraz metodę „łaty i klina”.
- (3) Do oceny równości poprzecznej warstwy ścieralnej lub warstwy nawierzchniowej drogi klasy GP lub G stosuje się metodę profilometryczną. Metoda ta może być również stosowana dla dróg o niższych klasach technicznych.
- (4) Efektywna szerokość pomiarowa przy ocenie równości poprzecznej jest równa szerokości mierzonego pasa ruchu (części drogi) z tolerancją $\pm 15\%$. Wartość maksymalnego odchylenia równości poprzecznej wyznacza się z krokiem co 1 m, następnie oblicza się wartość średnią z kolejnych 5 m.
- (5) W przypadku miejsc, w których nie jest możliwy pomiar profilometrem, do oceny równości poprzecznych zaleca się stosowanie metody z użyciem łaty (o długości 2 m) i klina.
- (6) Ponadto do oceny równości poprzecznej warstwy ścieralnej lub warstwy nawierzchniowej drogi klasy Z, L lub D oraz placów i stanowisk postojowych stosuje się metodę profilometryczną lub metodę pomiaru z użyciem łaty (o długości 2 m) i klina.
- (7) Pomiar równości poprzecznej metodą „łaty i klina” wykonuje się z krokiem nie rzadziej niż co 5 m.
- (8) W przypadku oceny równości poprzecznej nawierzchni asfaltowych stosuje się parametr stanu głębokość koleiny (GK, [mm]), natomiast w przypadku nawierzchni betonowych parametr stanu głębokość nierówności poprzecznej (GNP, [mm]). Do oceny badanego odcinka uwzględnia się wartość średnią z pomiarów.
- (9) Dodatkowe inne wymagania dotyczące badania równości poprzecznej należy stosować zgodnie z WR-D-64.

4.3. Właściwości przeciwpoślizgowe

- (1) Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni określa się za pomocą współczynnika tarcia.
- (2) Pomiar punktowy wykonuje się urządzeniem o pełnej blokadzie koła, nie rzadziej niż co 50 m na nawierzchni zwilżanej wodą w ilości 0,5 l/m², przy 100% poślizgu opony testowej rowkowanej („ribbed tyre”) rozmiaru 165 R 15, według specyfikacji PIARC (Permanent International Association of Road Congresses; World Road Association). Temperatura otoczenia w czasie pomiarów powinna wynosić od 5 do 30°C, nawierzchnia powinna być czysta. Pomiar wykonuje się przy prędkości testowej wynoszącej 30 lub 60 km/h.
- (3) Pomiar ciągły wykonuje się urządzeniem o niepełnej blokadzie koła pomiarowego z oponą testową bezbieżnikową, na nawierzchni zwilżanej wodą w ilości 0,5 mm grubości filmu wodnego.
- (4) Wyniki pomiarów uśrednia się dla kolejnych odcinków o długości 20 m, a uzyskane wartości współczynnika tarcia rejestruje się z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.
- (5) Długość ocenianego odcinka nawierzchni wynosi 100 m, a liczba pomiarów powinna być nie mniejsza niż 5.
- (6) Do oceny właściwości przeciwpoślizgowych stosuje się parametr stanu: współczynnik tarcia (WTC30, WTC60, WTN30, WTN60, [-]), obliczany jako wartość średnia z badanego odcinka.
- (7) Do pomiarów współczynnika tarcia wyznaczanego metodą pomiaru ciągłego używa się urządzeń pomiarowych spełniających kryteria polskiego systemu walidacji urządzeń pomiarowych.
- (8) Wymagane minimalne wartości współczynnika tarcia oznaczane metodą pomiaru ciągłego dostosowuje się do urządzenia pomiarowego, spełniającego wymagania jak dla pomiaru punktowego.
- (9) Dodatkowe inne wymagania dotyczące badania właściwości przeciwpoślizgowych należy stosować zgodnie z WR-D-64.

4.4. Cechy powierzchni

(1) Cechy powierzchni nawierzchni są jedną z podstawowych cech nawierzchni asfaltowych i betonowych, które określają stan ich górnej powierzchni. W zakres oceny tej cechy na nawierzchniach asfaltowych wchodzi następujące uszkodzenia powierzchniowe: spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne, ukośne i nieregularne), w tym nieszczelne spoiny technologiczne i stan krawędzi, spękania powierzchniowe (siatkowe, o charakterze zmęczeniowym) oraz łaty, wyboje i ubytki (lepiscza, kruszywa i mieszanki mineralno-asfaltowej). W zakres oceny cech powierzchni na nawierzchniach betonowych wchodzi: spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne i ukośne), spękania powierzchniowe (mrozowe, alkaliczne, zmęczeniowe) oraz ubytki (wyboje, lejki, złuszczenia, wykruszenia krawędzi).

(2) Do inwentaryzacji i oceny cech powierzchni stosuje się metody:

- wizualną, bazującą na „ręcznych” pomiarach długości spękań oraz powierzchni spękań i ubytków,
- półautomatyczną z wykorzystaniem zdjęć wykonywanych „ręcznie” i/lub za pomocą kamer i dronów,
- automatyczną z wykorzystaniem zdjęć w technice 3D wykonywanych za pomocą kamer rejestrujących widok jezdni z przodu i z tyłu pojazdu oraz dedykowanych systemów pomiarowych (typu LCMS).

(3) Niezależnie od wybranej metody identyfikacji podlegają następujące parametry stanu nawierzchni asfaltowych:

- SPD – spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne, ukośne i nieregularne), w tym nieszczelne spoiny technologiczne i stan krawędzi,
- SPO – spękania powierzchniowe (siatkowe),
- LIW – ubytki (lepiscza, kruszywa i mieszanki mineralno-asfaltowej);

a w przypadku nawierzchni betonowych:

- SPD – spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne i ukośne),
- SPO – spękania powierzchniowe (mrozowe, alkaliczne, zmęczeniowe),
- UB – ubytki (wyboje, lejki, złuszczenia, wykruszenia krawędzi).

(4) Parametr SPD wyznacza się jako sumę pomierzonych długości pęknięć pojedynczych wyrażonych w metrach na długości odcinka pomiarowego – sekcji 10 m w przypadku nawierzchni betonowych i 100 m w przypadku nawierzchni asfaltowych. Do oceny stanu nawierzchni jako odcinek diagnostyczny także uwzględnia się odcinki o długości odpowiednio: 10 m i 100 m. Może być też ustalony inny odcinek przez zarządcę drogi, dostosowany do przebiegu i układu geometrycznego drogi.

(5) Parametr SPO wyznacza się jako sumę pomierzonych powierzchni pęknięć na powierzchni wyrażonych w metrach kwadratowych na długości odcinka pomiarowego – sekcji 10 m w przypadku nawierzchni betonowych i 100 m w przypadku nawierzchni asfaltowych. Do oceny stanu nawierzchni jako odcinek diagnostyczny także uwzględnia się odcinki o długości odpowiednio: 10 m i 100 m. Może być też ustalony inny odcinek przez zarządcę drogi, dostosowany do przebiegu i układu geometrycznego drogi.

(6) Parametr LIW wyznacza się jako sumę pomierzonych powierzchni ubytków wyrażonych w metrach kwadratowych na długości odcinka pomiarowego – sekcji 100 m. Do oceny stanu nawierzchni jako odcinek diagnostyczny także uwzględnia się odcinek o długości 100 m. Może być też ustalony inny odcinek przez zarządcę drogi, dostosowany do przebiegu i układu geometrycznego drogi.

(7) Parametr UB wyznacza się jako sumę pomierzonych powierzchni ubytków na powierzchni wyrażonych w metrach kwadratowych na długości odcinka pomiarowego – sekcji 10 m. Do oceny stanu nawierzchni jako odcinek diagnostyczny także uwzględnia się odcinek o długości 10 m. Może być też ustalony inny odcinek przez zarządcę drogi, dostosowany do przebiegu i układu geometrycznego drogi.

(8) W metodzie wizualnej zaleca się stosowanie odpowiednich i sprawdzonych urządzeń do pomiarów, np. taśm, łat lub drogomierzy kołowych zapewniających dokładność pomiaru, komfort i bezpieczeństwo w trakcie identyfikacji. Należy przy tym uwzględnić właściwą i jednoznaczną rejestrację pomiarów w formie papierowej z wykorzystaniem, np. mapy lub w formie elektronicznej z lokalizacją GPS.

(9) W metodzie półautomatycznej uwzględnia się rejestrację stanu nawierzchni w postaci zdjęć wykonywanych „ręcznie” i/lub za pomocą kamer i dronów. W przypadku stosowania dronów należy dostosować prędkość przelotu i jakość zdjęć (rozdzielczość, kompresja) do wymaganej jakości odwzorowywania uszkodzeń. W dalszym etapie w zależności od możliwości technicznych i oprogramowania należy dokonać identyfikacji cyfrowej uszkodzeń dla określonego parametru wyrażonego w jednostkach długości i powierzchni. Przy tej metodzie należy zwrócić uwagę na stan techniczny nawierzchni, warunki pogodowe oraz wyskalowanie obrazu w celu jednoznacznej i dokładnej identyfikacji uszkodzeń. Zaleca się zastosowanie urządzeń z lokalizacją GPS.

(10) W metodzie automatycznej uwzględnia się rejestrację stanu nawierzchni w postaci zdjęć wysokiej rozdzielczości obrazu 3D oraz zdjęć z wykorzystaniem kamer rejestrujących ogólny widok nawierzchni z przodu i z tyłu pojazdu. Specjalistyczne, szybkoklatkowe kamery rejestrują obraz nawierzchni pasa drogowego wraz z obrazem linii laserowej, wygenerowanej przy pomocy projektorów laserowych. W wyniku zastosowania takiej techniki powstaje obraz 3D, który służy do automatycznych analiz ukierunkowanych na wykrywanie uszkodzeń nawierzchni. Zaleca się stosować system pomiarowy typu LCMS.

(11) W metodzie automatycznej pomiar realizuje się z prędkością 10–100 km/h, co przy częstotliwości 5,6–11,2 kHz pozwala rejestrować profile z interwałem 5 mm. Przekroczenie prędkości 100 km/h może skutkować błędami w danych, wynikającymi z pominięcia pomiaru niektórych profili. Pomiar może się odbywać w temperaturze powietrza 0–40°C. Nawierzchnia musi być całkowicie sucha, aby zagwarantować najwyższą możliwą dokładność pomiaru.

(12) W metodzie automatycznej odbiornik GPS umożliwia rejestrację współrzędnych geograficznych położenia pojazdu z częstotliwością nie mniejszą niż 1 Hz oraz dokładnością 1 m. Czujnik pomiaru długości zainstalowany jest na kole pojazdu, na osi niebędącej osią napędową. System pomiaru długości musi posiadać opcję kalibracji w celu dostosowania pomiarów do warunków panujących na drodze.

(13) W metodzie automatycznej w zależności od oprogramowania i systemu zarejestrowane zdjęcia prezentowane są w dwóch układach: z uszkodzeniami nawierzchni oraz uszkodzeniami i siatką pomiarową — wirtualną siatką dzielącą zdjęcie w sposób prostokątny, na kwadraty o wymiarach 25x25 cm.

(14) W metodzie automatycznej, identyfikując uszkodzenia i oceniając stan powierzchni, należy zastosować odpowiednie oprogramowanie pozwalające na automatyczne określenie parametrów oraz ich zakresów (długości, powierzchni). Możliwa jest także półautomatyczna identyfikacja z wykorzystaniem materiału zdjęciowego, także w przypadkach, kiedy identyfikacja automatyczna nie daje zadowalających rezultatów lub wykazuje błędy.

4.5. Nośność

4.5.1. Wprowadzenie

(1) Do oceny nośności wykorzystuje się przemieszczenia pionowe konstrukcji, czyli ugięcia, rejestrowane pod znanym obciążeniem.

(2) Do pomiaru punktowego ugięć stosuje się ugięciomierz dynamiczny FWD. Pomiar ciągły ugięć można zrealizować mobilnym ugięciomierzem laserowym TSD. Dla II i III poziomu oceny diagnostycznej (WR-D-83-1) dopuszcza się prowadzenie oceny nośności na podstawie pomiaru ugięć sprężystych ugięciomierzem Benkelmana. Wytyczne w zakresie pomiaru ugięć nie wymagają zachowania korelacji pomiędzy tymi dwoma metodami pomiarowymi. Metodę badawczą wykonywania pomiarów ustala zarządca drogi. Ze względu na wymaganą dokładność badań zaleca się, aby stosowane urządzenia były wzorcowane, a podmiot powinien posiadać akredytację na badania ugięć wydaną przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA).

(3) Pomiary ugięć za pomocą urządzeń poruszających się w ruchu (FWD, TSD) nie wymagają zamykania pasa ruchu, natomiast zastosowanie ugięciomierza Benkelmana wymaga zamknięcia pasa ruchu na okres jak w przypadku robót szybko postępujących.

(4) Pomiary urządzeniem typu FWD oraz pomiary urządzeniem typu TSD zaleca się wykonywać w śladzie prawego koła.

(5) Jeżeli zarządca drogi nie zdecyduje inaczej, pomiary na drogach zarówno o jednej, jak i o dwóch jezdniach głównych – wykonuje się na prawym zewnętrznym pasie ruchu, w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu. Zaleca się badania ugięć nawierzchni wykonywać nie rzadziej niż co 50 m lub 100 m. W zależności od potrzeb zarządca drogi może zdecydować o zmianie zakresu pomiarów.

(6) Do oceny stanu nawierzchni asfaltowych uwzględnia się parametr stanu: ugięcie miarodajne (UD0m, [μm]) oraz parametr stanu wskaźnik krzywizny ugięcia (SCI, [μm]).

(7) Do oceny stanu nawierzchni betonowych uwzględnia się parametr stanu: ugięcie miarodajne (UD0m, [μm]) oraz parametr stanu współczynnik przenoszenia obciążeń – współpracy płyt (LTE, [%]).

(8) W zakresie badań należy rejestrować temperaturę powietrza oraz temperaturę w połowie grubości pakietu warstw asfaltowych. W danych pomiarowych zapisuje się także średnicę płyty naciskowej oraz obciążenie pomiarowe dla każdego punktu.

(9) Podczas pomiarów lokalizacja danych pomiarowych odbywa się za pomocą przypisania wyników do bieżącego metra [mb] odcinka drogi oraz do współrzędnych geograficznych punktów określających tor przejazdu pojazdu pomiarowego. Podawane są także czas i data pomiaru.

4.5.2. Pomiar punktowy – ugięciomierz FWD

(1) Do wykonywania badań ugięć nawierzchni należy stosować zestaw pomiarowy składający się z przyczepy pomiarowej FWD oraz samochodu holującego. Możliwe jest także zastosowanie zintegrowanych zestawów w postaci jednego pojazdu.

(2) Dla urządzenia FWD zaleca się podczas badań rejestrowanie czaszy ugięć (w odległościach, [mm]: 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, 1800, -200, -300), która jest przydatna w przyszłej ocenie trwałości nawierzchni oraz do wyznaczenia wskaźnika krzywizny ugięcia. Do przeprowadzenia oceny nośności z wykorzystaniem parametru stanu wskaźnika krzywizny ugięcia (SCI, [μm]) wymagana jest rejestracja wartości ugięcia w odległości 0 mm oraz 300 mm od punktu zrzutu obciążenia.

(3) W przypadku analizy nośności nawierzchni betonowych z wykorzystaniem parametru stanu współczynnika przenoszenia obciążeń (współpracy płyt) (LTE, [%]) pomiary ugięć przeprowadza się w obszarze krawędzi na płycie obciążonej i nieobciążonej. Zaleca się, aby odległość geofon pomiarowych od krawędzi płyt była jednakowa i nie większa niż 10 cm.

(4) Zaleca się zapewnienie następujących podstawowych wymagań technicznych urządzenia:

- a) minimalna rozdzielczość odczytu siły: 0,1 kN,
- b) minimalna rozdzielczość odczytu przemieszczenia: 1 μm,
- c) minimalna rozdzielczość odczytu temperatury: 0,5°C,
- d) minimalna dokładność pomiaru termometru: ±1,0°C w zakresie od -10°C do +50°C.
- e) minimalna rozdzielczość odczytu odległości: 1,0 m.

(5) Ze względu na możliwe różnice wartości pomiarów wynikające z różnych obciążeń, temperatur warstw asfaltowych, a także warunków atmosferycznych pozyskane dane poddaje się normalizacji, aby mogły być porównywalne z wynikami pomiarów w warunkach określonych jako standardowe. Zaleca się stosować warunki: nacisk 50 kN na kołowej powierzchni o średnicy 300 mm, przy temperaturze warstw asfaltowych 20°C.

(6) Do oceny nośności, obliczając parametry stanu nawierzchni jezdni (ugięcie miarodajne UD0m, wskaźnik krzywizny ugięcia SCI, współczynnik przenoszenia obciążeń (współpracy płyt) LTE), należy uwzględniać ugięcie standaryzowane wg zależności (4.5.2.1):

$$U_s = U_i \cdot f_T \cdot f_{50kN} \quad (4.5.2.1)$$

gdzie:

U_s – ustandaryzowane ugięcie dla obciążenia 50 kN i temperatury warstw asfaltowych 20°C [μm],

U_i – ugięcie zarejestrowane w badaniu [μm],

f_T – współczynnik temperaturowy [-], zależność (4.5.2.2):

$$f_T = 1 + 0,02 \cdot (20 - T) \quad (4.5.2.2)$$

gdzie:

T – temperatura warstw asfaltowych, w której wykonano badanie [°C].

f_{50kN} – współczynnik obciążenia [-], zależność (4.5.2.3):

$$f_{50kN} = \frac{50}{P_i} \quad (4.5.2.3)$$

gdzie:

P_i – obciążenie zarejestrowane w badaniu [kN].

(7) Uwaga: w przypadku obliczania ugięć ustandaryzowanych dla nawierzchni betonowej należy stosować tylko współczynnik obciążenia, a warunki badania realizować w temperaturze od 15°C do 25°C ($f_T = 1$).

4.5.3. Pomiar punktowy – ugięciomierz Benkelmana

(1) Ocenę nośności nawierzchni asfaltowych za pomocą ugięciomierza belkowego Benkelmana pod statycznym należy zrealizować z uwzględnieniem nacisku samochodowego koła bliźniaczego.

(2) Pomiar ugięciomierzem belkowym Benkelmana wykonuje się w okresie, gdy: temperatura warstw asfaltowych mierzona w środku ich grubości mieści się w przedziale od 5 do 25°C, a podłoże gruntowe jest rozmarzniete.

(3) Do obciążenia nawierzchni przy pomiarach ugięć ugięciomierzem belkowym Benkelmana należy stosować samochód ciężarowy o zweryfikowanym obciążeniu 50 kN na koła bliźniacze, które znajdują się na tylnej osi o nacisku osi 100 kN.

(4) Przeznaczony do pomiaru samochód ustawia się równolegle do osi jezdni, tak aby koło bliźniacze, mające stanowić obciążenie pomiarowe znajdowało się w punkcie pomiaru. Po zatrzymaniu się samochodu ugięciomierz ustawia się równolegle do osi jezdni w środku między oponami bliźniaczego koła. Następnie odczytuje się odczyt na czujniku. Czynności te wykonuje się w czasie nie dłuższym niż 30 sekund. Po dokonaniu odczytu samochód powinien bezzwłocznie odjechać poza zasięg oddziaływania ciężaru koła na rzędną punktu pomiaru, tj. na odległość co najmniej 6 m, i wówczas notuje się ponownie odczyt (odczyt po odciążeniu).

(5) W metodzie pomiaru za pomocą ugięciomierza belkowego Benkelmana należy stosować sprawdzone korelacje przeliczeniowe ugięć na urządzenie FWD.

4.5.4. Pomiar ciągły – ugięciomierz TSD

(1) Za pomocą ugięciomierza laserowego TSD realizuje się pomiar ciągły ugięć nawierzchni. Metodą tą bada się odpowiedź nawierzchni na obciążenie wywołane przez pojazd poruszający się w ruchu drogowym.

(2) Ugięcie nawierzchni drogowej w tej metodzie pomiaru wyliczane jest w fazie dalszego przetwarzania danych na podstawie rejestrowanych prędkości ugięcia nawierzchni. Aby wyniki pomiaru charakteryzowały się wiarygodnością, istotne jest odpowiednie rozmieszczenie czujników w stosunku do osi prawego koła naczepy. Stosuje się taką liczbę czujników, która zapewnia jak najbardziej dokładną rejestrację czasu ugięć, ale nie mniej niż 7.

(3) Ze względu na różnice wartości pomiarów wynikające z różnych obciążeń, temperatur warstw asfaltowych, a także warunków atmosferycznych, pozyskane dane muszą zostać poddane normalizacji, aby mogły być porównywalne z wynikami pomiarów w warunkach określonych jako standardowe.

(4) W metodzie pomiaru za pomocą ugięciomierza TSD należy stosować sprawdzone korelacje przeliczeniowe ugięć na urządzenie FWD.

4.5.5. Procedury obliczania parametrów stanu nawierzchni jezdni

(1) W celu oceny nośności nawierzchni z uwzględnieniem parametrów stanu nawierzchni jezdni należy stosować ustandaryzowane ugięcie dla obciążenia 50 kN i temperatury warstw asfaltowych 20°C (równoważne ugięciu otrzymanym z urządzenia FWD).

(2) Do oceny stanu nawierzchni asfaltowych uwzględnia się parametr stanu: ugięcie miarodajne (UD_{0m} , [μm]) oraz parametr stanu: wskaźnik krzywizny ugięcia (SCI, [μm]).

(3) Do oceny stanu nawierzchni betonowych uwzględnia się parametr stanu: ugięcie miarodajne (UD0m, [μm]) oraz parametr stanu: współczynnik przenoszenia obciążeń (współpracy płyt) (LTE, [%]).

(4) Zaleca się, aby ocenę nośności realizować dla wyodrębnionych odcinków jednorodnych pod względem wyników badań, uwzględniając krzywe sumowe lub inne metody statystyczne. Możliwe jest analizowanie odcinków ustalonych przez zarządcę drogi.

(5) Dla wybranego odcinka wartość parametru stanu ugięcia miarodajnego (UD0m [μm]) wyznacza się z zależności (4.5.5.1):

$$UD0m = \frac{\sum_{i=1}^n U_{Si}^{D0}}{n} + \sigma_{US} \quad (4.5.5.1)$$

gdzie:

U_{Si}^{D0} – ustandaryzowane ugięcie dla pojedynczego pomiaru i w punkcie centralnym (geofona 0 mm) [μm],

σ_{US} – odchylenie standardowe zbioru wyników ugięć ustandaryzowanych [μm],

n – liczba wyników ugięć ustandaryzowanych [-].

(6) Dla wybranego odcinka nawierzchni asfaltowej wartość parametru stanu wskaźnika krzywizny ugięcia (SCI [μm]) wyznacza się z zależności (4.5.5.2):

$$SCI = \frac{\sum_{i=1}^n (U_{Si}^{D0} - U_{Si}^{D300})}{n} + \sigma_{SCIS} \quad (4.5.5.2)$$

gdzie:

U_{Si}^{D0} – ustandaryzowane ugięcie dla pojedynczego pomiaru i w punkcie centralnym (geofona 0 mm) [μm],

U_{Si}^{D300} – ustandaryzowane ugięcie dla pojedynczego pomiaru i w punkcie odsuniętym o 300 mm od punktu obciążenia (geofona 300 mm) [μm],

σ_{SCIS} – odchylenie standardowe zbioru wyników wskaźnika krzywizny ugięcia [μm],

n – liczba wyników wskaźnika krzywizny ugięcia [-].

(7) Dla wybranego miejsca pomiarowego nawierzchni betonowej wartość parametru stanu współczynnika przenoszenia obciążeń (współpracy płyt) LTE [%], wyznacza się z zależności (4.5.5.3):

$$LTE = \frac{U_S^{D2}}{U_S^{D1}} \cdot 100\% \quad (4.5.5.3)$$

gdzie:

U_S^{D2} – ustandaryzowane ugięcie dla pojedynczego pomiaru na płycie nieobciążonej (geofona 2) [μm],

U_S^{D1} – ustandaryzowane ugięcie dla pojedynczego pomiaru na płycie obciążonej (geofona 1) [μm].

(8) Współczynnik przenoszenia obciążeń dla nawierzchni betonowych decyduje o warunkach pracy nawierzchni w obrębie szczelin. Jeżeli współpraca nie występuje, to w obrębie szczeliny może wystąpić pogorszenie cech eksploatacyjnych nawierzchni (w tym pogorszenie poziomu hałasu). Pożądanym efektem jest zbliżona wartość ugięć na obu krawędziach płyty, świadcząca o odpowiedniej nośności, zapewniająca odpowiedni transfer obciążenia pomiędzy płytami, a w konsekwencji wymaganą trwałość.

(9) W celu zapewnienia odpowiedniej współpracy płyt stosuje się dyble (dla nawierzchni kategorii ruchu powyżej KR3), jednak w przypadku nawierzchni niedyblowanych współpraca jest także możliwa przy odpowiednim zazębieniu się płyt, odpowiedniej sztywności podłoża oraz grubości i stanie płyt.

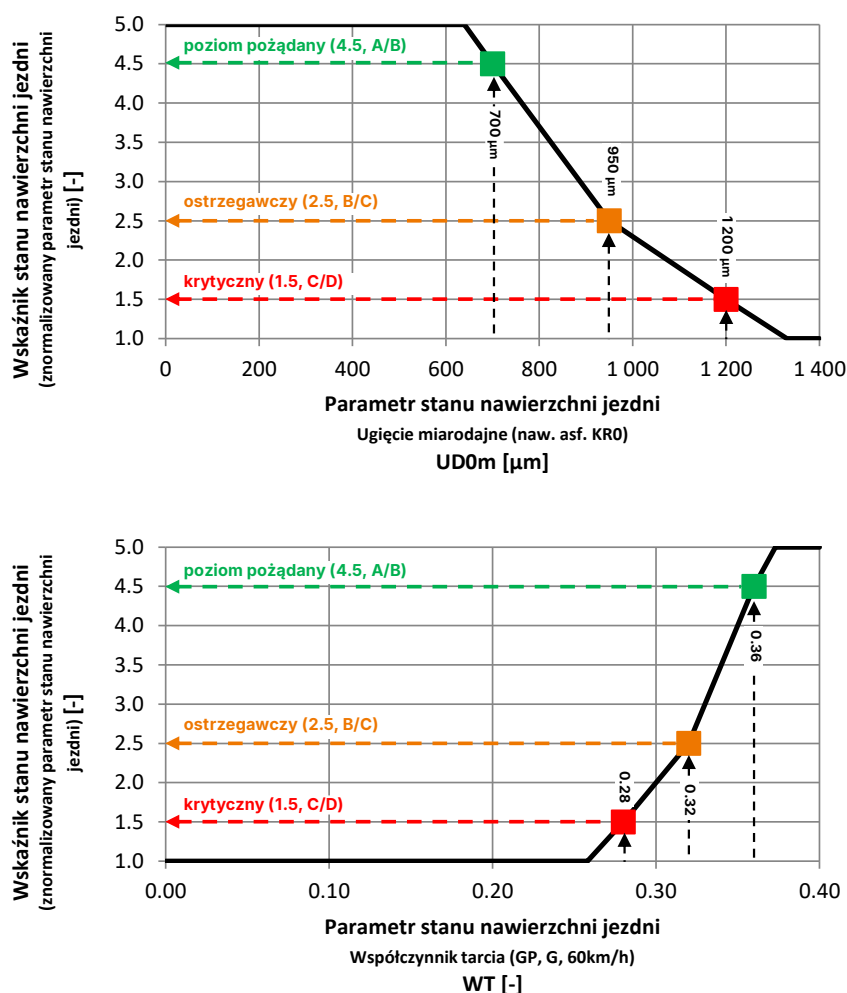
4.6. Procedura wyznaczania wskaźników i oceny stanu nawierzchni jezdni

4.6.1. Wyznaczanie wskaźników stanu

(1) Wskaźnik stanu nawierzchni jezdni pozwala wyrazić ilościowo daną cechę nawierzchni oraz scharakteryzować uszkodzenie/degradację. Wyznacza się go na podstawie parametru stanu nawierzchni jezdni, stosując normalizację do wartości bezwymiarowej z przedziału od 1 do 5.

(2) Wartość wskaźnika stanu nawierzchni jezdni określa się dla danego parametru stanu nawierzchni jezdni na podstawie zależności liniowych (funkcji normujących) wyznaczonych na podstawie punktów, które są przypisane dla odpowiednich poziomów decyzyjnych. Poziomy decyzyjne dla różnych parametrów stanu podano w tab. 4.6.5.1 i 4.6.5.2.

(3) Przykładowe przebiegi funkcji dla wybranych parametrów stanu pokazano na rys. 4.6.1.1. Wykorzystując zależności liniowe, wartości pośrednie należy interpolować pomiędzy wyznaczonymi punktami. Poza punktami o wartościach 4,5 (A/B) i 1,5 (C/D) funkcje należy ekstrapolować do wartości odpowiednio 5 i 1.



Rys. 4.6.1.1. Przykłady wyznaczania wskaźnika stanu nawierzchni jezdni dla danego parametru stanu nawierzchni jezdni

(4) Normowanie jest procesem przekształcającym wartość parametru stanu w bezwymiarową wartość wskaźnika stanu. Normowanie wykonuje się w celu sprowadzenia wartości parametrów stanu wyrażanych w różnych jednostkach do jednorodnej, porównywalnej względnie bezwymiarowej wartości. Algorytm normowania jest taki sam dla wszystkich parametrów stanu, różni się jedynie przebiegiem funkcji normującej zależnej od specyfiki danego parametru. Może przybierać formę funkcji rosnącej lub malejącej.

(5) W tab. 4.6.1.1. zaprezentowano powiązanie parametrów stanu nawierzchni jezdni z odpowiadającymi im wskaźnikami stanu.

Tab. 4.6.1.1. Powiązanie parametrów stanu nawierzchni jezdni z odpowiadającymi im wskaźnikami stanu

Cechy nawierzchni jezdni					
Parametr stanu nawierzchni jezdni			Wskaźnik stanu nawierzchni jezdni (znormalizowany parametr stanu nawierzchni jezdni)		
	Ozn.	Jedn.		Ozn.	Jedn.
Nawierzchnie asfaltowe					
Równość podłużna					
Średnia wartość IRI (profilograf)	IRI _{sr}	m/km	Wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRI _{sr}	WSRP_IRI _{sr}	-
Odchylenie równości podłużnej (planograf, tąta i klin)	ORP	mm	Wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP	WSRP_ORP	-
Równość poprzeczna					
Głębokość koleiny (planograf, tąta i klin)	GK	mm	Wskaźnik stanu głębokości koleiny	WSGK	-
Właściwości przeciwoślizgowe					
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30 km/h	WTN30	-	Wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30 km/h	WSWT_N30	-
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60 km/h	WTN60	-	Wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60 km/h	WSWT_N60	-
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30 km/h	WTC30	-	Wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30 km/h	WSWT_C30	-
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60 km/h	WTC60	-	Wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60 km/h	WSWT_C60	-
Cechy powierzchni					
Spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne i ukośne) w tym nieszczelne spoiny technologiczne i stan krawędzi	SPD	m	Wskaźnik stanu spękań pojedynczych	WSSPD	-
Spękania powierzchniowe (siatkowe)	SPO	m ²	Wskaźnik stanu spękań powierzchniowych	WSSPO	-
Łaty, wyboje i ubytki	LIW	m ²	Wskaźnik stanu łat, wybojów i ubytków	WSLIW	-
Nośność					
Ugięcie miarodajne	UD0m	μm	Wskaźnik stanu ugięcia miarodajnego	WSUD0m	-
Wskaźnik krzywizny ugięcia	SCI	μm	Wskaźnik stanu krzywizny ugięcia	WSSCI	-
Nawierzchnie betonowe					
Równość podłużna					
Średnia wartość IRI (profilograf)	IRI _{sr}	m/km	Wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRI _{sr}	WSRP_IRI _{sr}	-
Odchylenie równości podłużnej (planograf, tąta i klin)	ORP	mm	Wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP	WSRP_ORP	-
Uskoki płyt	USK	mm	Wskaźnik stanu uskoku płyt	WSUSK	-
Równość poprzeczna					
Głębokość nierówności poprzecznej (planograf, tąta i klin)	GNP	mm	Wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej	WSGNP	-
Właściwości przeciwoślizgowe					
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30 km/h	WTN30	-	Wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30 km/h	WSWT_N30	-
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60 km/h	WTN60	-	Wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60 km/h	WSWT_N60	-
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30 km/h	WTC30	-	Wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30 km/h	WSWT_C30	-
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60 km/h	WTC60	-	Wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60 km/h	WSWT_C60	-
Cechy powierzchni					
Spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne i ukośne)	SPD	m	Wskaźnik stanu spękań pojedynczych	WSSPD	-
Spękania powierzchniowe (mrozowe, alkaliczne, zmęczeniowe)	SPO	m ²	Wskaźnik stanu spękań powierzchniowych	WSSPO	-
Ubytki (wyboje, lejki, złuszczenia, wykruszenia krawędzi)	UB	m ²	Wskaźnik stanu ubytków	WSUB	-
Cechy wypełnienia szczelin					
Wypełnienie szczelin	WSZ	m	Wskaźnik stanu wypełnienia szczelin	WSWSZ	-
Nośność					
Ugięcie miarodajne	UD0m	μm	Wskaźnik stanu ugięcia miarodajnego	WSUD0m	-
Współczynnik przenoszenia obciążeń (współpracy płyt)	LTE	%	Wskaźnik stanu przenoszenia obciążeń	WSLTE	-

4.6.2. Wyznaczanie wskaźników zespolonych

(1) Wskaźnik zespolony pozwala wyrazić ilościowo wybrane cechy nawierzchni jezdni oraz scharakteryzować ich uszkodzenie/degradację [3], [4]. Oblicza się go na podstawie wskaźników stanu nawierzchni jezdni. Wyrażany jest w znormalizowanej wartości bezwymiarowej (1-5). Rozróżnia się wskaźniki zespolone:

- a) zespolony wskaźnik stanu konstrukcji WSK – opisuje stan techniczny nawierzchni z punktu widzenia nośności konstrukcji i zdolności do przenoszenia obciążeń nawierzchni,
- b) zespolony wskaźnik stanu powierzchni WSP – opisuje stan techniczny nawierzchni z punktu widzenia cech eksploatacyjnych związanych z cechami powierzchni, w tym uszkodzeń powierzchni,
- c) zespolony wskaźnik stanu użytkowego WSU – opisuje stan techniczny nawierzchni z punktu widzenia cech użytkowych drogi, a w głównej ocenie podlega komfort i bezpieczeństwo jazdy.

(2) Zespolony wskaźnik stanu konstrukcji (WSK) i stanu powierzchni (WSP) określa się w sposób odmienny dla nawierzchni asfaltowych i dla nawierzchni betonowych.

(3) Obliczanie wskaźników zespolonych uzależnione jest od zastosowania różnych kryteriów strategii utrzymaniowej, uwzględniając różne warianty.

(4) W przypadku I poziomu oceny zaleca się stosowanie jednego z następujących wariantów: zalecanego, optymalnego, optymalnego uzupełnionego o badanie właściwości przeciwpoślizgowych.

(5) W przypadku II poziomu oceny zaleca się stosowanie wariantu podstawowego.

(6) W przypadku III poziomu oceny zaleca się stosowanie wariantu minimalnego.

4.6.3. Wskaźniki zespolone w wariantach oceny stanu nawierzchni asfaltowych

Wariant zalecany

(1) Zespolony wskaźnik stanu użytkowego nawierzchni asfaltowej według wariantu zalecanego oblicza się ze wzoru (4.6.3.1):

$$WSU = \min(WSRP_*, WSGK) \quad (4.6.3.1)$$

gdzie:

WSU – zespolony wskaźnik stanu użytkowego,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),

WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny.

(2) Zespolony wskaźnik stanu konstrukcji nawierzchni asfaltowej według wariantu zalecanego oblicza się ze wzoru (4.6.3.2):

$$WSK = 0,5 \cdot \min(WSSPD, WSSPO) + 0,25 \cdot WSLIW + 0,25 \cdot \min(WSGK, WSRP_*) \quad (4.6.3.2)$$

gdzie:

WSK – zespolony wskaźnik stanu konstrukcji,

WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,

WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,

WSLIW – wskaźnik stanu łań, wybojów i ubytków,

WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP).

Wariant optymalny

(3) Zespolony wskaźnik stanu użytkowego nawierzchni asfaltowej według wariantu optymalnego oblicza się ze wzoru (4.6.3.3):

$$WSU = \min(WSRP_*, WSGK) \quad (4.6.3.3)$$

gdzie:

WSU – zespolony wskaźnik stanu użytkowego,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),
WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny.

(4) Zespolony wskaźnik stanu konstrukcji nawierzchni asfaltowej według wariantu optymalnego oblicza się ze wzoru (4.6.3.4):

$$WSK = 0,25 \cdot \min(WSSPD, WSSPO) + 0,15 \cdot WSLIW + 0,4 \cdot \min(WSUD0m, WSSCI) + 0,2 \cdot \min(WSGK, WSRP_*) \quad (4.6.3.4)$$

gdzie:

WSK – zespolony wskaźnik stanu konstrukcji,
WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,
WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,
WSLIW – wskaźnik stanu łat, wybojów i ubytków,
WSUD0m – wskaźnik stanu ugięcia miarodajnego,
WSSCI – wskaźnik stanu krzywizny ugięcia,
WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny,
WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP).

(5) Zespolony wskaźnik stanu powierzchni nawierzchni asfaltowej według wariantu optymalnego oblicza się ze wzoru (4.6.3.5):

$$WSP = 0,25 \cdot \min(WSRP_*, WSGK) + 0,5 \cdot \min(WSSPD, WSSPO) + 0,25 \cdot WSLIW \quad (4.6.3.5)$$

gdzie:

WSP – zespolony wskaźnik stanu powierzchni,
WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),
WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny,
WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,
WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,
WSLIW – wskaźnik stanu łat, wybojów i ubytków.

Wariant optymalny uzupełniony o badanie właściwości przeciwpoślizgowych

(6) Zespolony wskaźnik stanu użytkowego nawierzchni asfaltowej według wariantu optymalnego uzupełnionego o badanie właściwości przeciwpoślizgowych oblicza się ze wzoru (4.6.3.6):

$$WSU = 0,37 \cdot \min(WSRP_*, WSGK) + 0,63 \cdot WSWT_* \quad (4.6.3.6)$$

gdzie:

WSU – zespolony wskaźnik stanu użytkowego,
WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),
WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny,
WSWT_* – wskaźnik stanu współczynnika tarcia, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WTN30 (wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30km/h) lub WTN60 (wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60km/h) lub WTC30 (wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30km/h) lub WTC60 (wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60km/h).

(7) Zespolony wskaźnik stanu konstrukcji nawierzchni asfaltowej według wariantu optymalnego uzupełnionego o badanie właściwości przeciwpoślizgowych oblicza się ze wzoru (4.6.3.7):

$$WSK = 0,25 \cdot \min(WSSPD, WSSPO) + 0,15 \cdot WSLIW + 0,4 \cdot \min(WSUD0m, WSSCI) + 0,2 \cdot \min(WSGK, WSRP_*) \quad (4.6.3.7)$$

gdzie:

WSK – zespolony wskaźnik stanu konstrukcji,

WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,
WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,
WSLIW – wskaźnik stanu łat, wybojów i ubytków,
WSUD0m – wskaźnik stanu ugięcia miarodajnego,
WSSCI – wskaźnik stanu krzywizny ugięcia,
WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny,
WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć:
WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP).

(8) Zespolony wskaźnik stanu powierzchni nawierzchni asfaltowej według wariantu optymalnego uzupełnionego o badanie właściwości przeciwpoślizgowych oblicza się ze wzoru (4.6.3.8):

$$WSP = 0,25 \cdot \min(WSRP_*, WSGK) + 0,5 \cdot \min(WSSPD, WSSPO) + 0,25 \cdot WSLIW \quad (4.6.3.8)$$

gdzie:

WSP – zespolony wskaźnik stanu powierzchni,
WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć:
WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),
WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny,
WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,
WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,
WSLIW – wskaźnik stanu łat, wybojów i ubytków.

Wariant podstawowy

(9) Zespolony wskaźnik stanu użytkowego nawierzchni asfaltowej według wariantu podstawowego oblicza się ze wzoru (4.6.3.9):

$$WSU = \min(WSRP_*, WSGK) \quad (4.6.3.9)$$

gdzie:

WSU – zespolony wskaźnik stanu użytkowego,
WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć:
WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),
WSGK – wskaźnik stanu głębokości koleiny.

Wariant minimalny

(10) Nie wyznacza się wskaźników stanu.

4.6.4. Wskaźniki zespolone w wariantach oceny stanu nawierzchni betonowych

Wariant zalecany

(1) Zespolony wskaźnik stanu użytkowego nawierzchni betonowej według wariantu zalecanego oblicza się ze wzoru (4.6.4.1):

$$WSU = \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) \quad (4.6.4.1)$$

gdzie:

WSU – zespolony wskaźnik stanu użytkowego,
WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć:
WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),
WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,
WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt.

(2) Zespolony wskaźnik stanu konstrukcji nawierzchni betonowej według wariantu zalecanego oblicza się ze wzoru (4.6.4.2):

$$WSK = 0,4 \cdot \min(WSSPD, WSSPO, WSUB) + 0,4 \cdot \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) + 0,20 \cdot WSWSZ \quad (4.6.4.2)$$

gdzie:

WSK – zespolony wskaźnik stanu konstrukcji,

WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,

WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,

WSUB – wskaźnik stanu ubytków,

WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć:

WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),

WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt,

WSWSZ – wskaźnik stanu wypełnienia szczelin.

Wariant optymalny

(3) Zespolony wskaźnik stanu użytkowego nawierzchni betonowej według wariantu optymalnego oblicza się ze wzoru (4.6.4.3):

$$WSU = \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) \quad (4.6.4.3)$$

gdzie:

WSU – zespolony wskaźnik stanu użytkowego,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć:

WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),

WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,

WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt.

(4) Zespolony wskaźnik stanu konstrukcji nawierzchni betonowej według wariantu optymalnego oblicza się ze wzoru (4.6.4.4):

$$WSK = 0,15 \cdot \min(WSSPD, WSSPO, WSUB) + 0,5 \cdot \min(WSUD0m, WSLTE) + \\ 0,15 \cdot \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) + 0,20 \cdot WSWSZ \quad (4.6.4.4)$$

gdzie:

WSK – zespolony wskaźnik stanu konstrukcji,

WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,

WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,

WSUB – wskaźnik stanu ubytków,

WSUD0m – wskaźnik stanu ugięcia miarodajnego,

WSLTE – wskaźnik stanu przenoszenia obciążeń,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć:

WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),

WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,

WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt,

WSWSZ – wskaźnik stanu wypełnienia szczelin.

(5) Zespolony wskaźnik stanu powierzchni nawierzchni betonowej według wariantu optymalnego oblicza się ze wzoru (4.6.4.5):

$$WSP = 0,35 \cdot \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) + 0,65 \cdot \min(WSSPD, WSSPO, WSUB) \quad (4.6.4.5)$$

gdzie:

WSP – zespolony wskaźnik stanu powierzchni,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć:

WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),

WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,

WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt,

WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,

WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,

WSUB – wskaźnik stanu ubytków.

Wariant optymalny uzupełniony o badanie właściwości przeciwpślizgowych

(6) Zespolony wskaźnik stanu użytkowego nawierzchni betonowej według wariantu optymalnego uzupełnionego o badanie właściwości przeciwpoślizgowych oblicza się ze wzoru (4.6.4.6):

$$WSU = 0,37 \cdot \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) + 0,63 \cdot WSWT_* \quad (4.6.4.6)$$

gdzie:

WSU – zespolony wskaźnik stanu użytkowego,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),

WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,

WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt,

WSWT_* – wskaźnik stanu współczynnika tarcia, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WTN30 (wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30 km/h) lub WTN60 (wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60 km/h) lub WTC30 (wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30 km/h) lub WTC60 (wskaźnik stanu współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60 km/h).

(7) Zespolony wskaźnik stanu konstrukcji nawierzchni betonowej według wariantu optymalnego uzupełnionego o badanie właściwości przeciwpoślizgowych oblicza się ze wzoru (4.6.4.7):

$$WSK = 0,25 \cdot \min(WSSPD, WSSPO, WSUB) + 0,5 \cdot \min(WSUD0m, WSLTE) + 0,25 \cdot \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) \quad (4.6.4.7)$$

gdzie:

WSK – zespolony wskaźnik stanu konstrukcji,

WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,

WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,

WSUB – wskaźnik stanu ubytków,

WSUD0m – wskaźnik stanu ugięcia miarodajnego,

WSLTE – wskaźnik stanu przenoszenia obciążeń,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),

WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,

WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt.

(8) Zespolony wskaźnik stanu powierzchni nawierzchni betonowych według wariantu optymalnego uzupełnionego o badanie właściwości przeciwpoślizgowych oblicza się ze wzoru (4.6.4.8):

$$WSP = 0,35 \cdot \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) + 0,65 \cdot \min(WSSPD, WSSPO, WSUB) \quad (4.6.4.8)$$

gdzie:

WSP – zespolony wskaźnik stanu powierzchni,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),

WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,

WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt,

WSSPD – wskaźnik stanu spękań pojedynczych,

WSSPO – wskaźnik stanu spękań powierzchniowych,

WSUB – wskaźnik stanu ubytków.

Wariant podstawowy

(9) Zespolony wskaźnik stanu użytkowego nawierzchni betonowej według wariantu podstawowego oblicza się ze wzoru (4.6.4.9):

$$WSU = \min(WSRP_*, WSGNP, WSUSK) \quad (4.6.4.9)$$

gdzie:

WSU – zespolony wskaźnik stanu użytkowego,

WSRP_* – wskaźnik stanu równości podłużnej, w zależności od metody pomiaru należy przyjąć: WSRP_IRIśr (wskaźnik stanu równości podłużnej dla IRIśr) lub WSRP_ORP (wskaźnik stanu równości podłużnej dla ORP),
WSGNP – wskaźnik stanu głębokości nierówności poprzecznej,
WSUSK – wskaźnik stanu uskoków płyt.

Wariant minimalny

(10) Nie wyznacza się wskaźników stanu.

4.6.5. Ocena stanu nawierzchni jezdni

(1) Ocena stanu nawierzchni jezdni stanowi istotny etap diagnostyki stanu nawierzchni jezdni w procesie długoterminowego utrzymania [1], [2]. Ocenę stanu nawierzchni jezdni można przeprowadzić na podstawie oceny i klasyfikacji z uwzględnieniem [3], [4]:

- a) cech nawierzchni jezdni, wykorzystując parametry stanu nawierzchni jezdni. W tym przypadku należy skorzystać z tab. 4.6.5.1. lub 4.6.5.2. w zależności od rodzaju nawierzchni (asfaltowej lub betonowej). Ocenę wykonuje się, klasyfikując dane parametry stanu do jednej z czterech klas stanu nawierzchni jezdni. Graniczne przedziały klas stanu są zdefiniowane przez trzy poziomy decyzyjne o odpowiednich wartościach podanych w tabelach 4.6.5.1. lub 4.6.5.2:
 - poziom pożądany (odpowiada A/B),
 - ostrzegawczy (odpowiada B/C),
 - krytyczny (odpowiada C/D).
- b) wskaźników zespolonych wyliczanych na podstawie wskaźników stanu odpowiadających danemu parametrowi stanu. Takie podejście pozwala na uwzględnienie różnych założeń strategii utrzymaniowej zarządcy. Ocenę wykonuje się, klasyfikując dane wskaźniki zespolone do jednej z czterech klas stanu nawierzchni jezdni. Graniczne przedziały klas stanu są zdefiniowane przez trzy poziomy decyzyjne o odpowiednich wartościach znormalizowanych:
 - poziom pożądany (4,5, odpowiada A/B),
 - ostrzegawczy (2,5, odpowiada B/C),
 - krytyczny (1,5, odpowiada C/D).

Tab. 4.6.5.1. Przypisanie wartości poziomów decyzyjnych do parametrów stanu nawierzchni asfaltowych

Parametr stanu nawierzchni jezdni			Klasa lub część drogi, kategoria ruchu	Odcinek pomiarowy, miara statystyczna	Odcinek diagnostyczny, miara statystyczna	Poziomy decyzyjne stanu nawierzchni jezdni		
Nazwa	Ozn.	Jedn.				Wp (A/B)	Wost (B/C)	Wkryt (C/D)
Równość podłużna								
Średnia wartość IRI (profilograf)	IRI _{sr}	[m/km]	GP	10 m Średnia	1000 m Średnia	2,6	5,0	6,6
	IRI _{sr}	[m/km]	G	50 m Średnia	1000 m Średnia	3,2	5,6	7,2
Odchylenie równości podłużnej (planograf, łata i klin)	ORP	[mm]	GP, G, Z	10 m Średnia	1000 m Średnia	8	25	35
			L, D, place, stanowiska postojowe	50 m Maksimum	1000 m Średnia	11	30	39
Równość poprzeczna								
Głębokość koleiny	GK	[mm]	GP, G, Z	1 m (profilometr), 5 m (łata) Maksimum	1000 m Średnia	10	20	30
			L, D, place, stanowiska postojowe	1 m (profilometr), 5 m (łata) Maksimum	1000 m Średnia	14	28	40
Właściwości przeciwpoślizgowe								
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30km/h	WTN30	[-]	GP, G, Z, L, D przy prędkości pomiaru 30 km/h	50 m Średnia	100 m Średnia	0,44	0,39	0,33
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60 km/h	WTN60	[-]	GP, G, Z, L, D przy prędkości pomiaru 60 km/h	50 m Średnia	100 m Średnia	0,37	0,33	0,27
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30 km/h	WTC30	[-]	GP, G, Z, L, D przy prędkości pomiaru 30 km/h	20 m Średnia	100 m Średnia	0,30	0,26	0,22
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60 km/h	WTC60	[-]	GP, G, Z, L, D przy prędkości pomiaru 60 km/h	20 m Średnia	100 m Średnia	0,26	0,23	0,20
Cechy powierzchni								
Spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne, ukośne i nieregularne) w tym blokowe oraz nieszczelne spoiny technologiczne i stan krawędzi	SPD	[m] / sekcja 100 m	-	100 m Suma	100 m Suma	15	60	150
Spękania powierzchniowe (siatkowe)	SPO	[m²] / sekcja 100 m		100 m Suma	100 m Suma	15	60	150
Łaty, wyboje i ubytki	LIW	[m²] / sekcja 100 m	-	100 m Suma	100 m Suma	15	60	150
Nośność								
Ugięcie miarodajne	UD0m	[μm]	KR0	50 m lub 100 m Wielkość zmierzona	Odcinek jednorodny Średnia+odch. std.	700	950	1200
			KR1			600	810	1020
			KR2			500	680	860
			KR3			390	550	710
			KR4			300	390	470
			KR5			250	310	360
Wskaźnik krzywizny ugięcia	SCI	[μm]	KR0			190	280	360
			KR1			150	230	300
			KR2			110	180	240
			KR3			70	110	190
			KR4			50	80	140
			KR5			40	60	100

Tab. 4.6.5.2. Przypisanie wartości poziomów decyzyjnych do parametrów stanu nawierzchni betonowych

Parametr stanu nawierzchni jezdni			Klasa lub część drogi, kategoria ruchu	Odcinek pomiarowy Miara statystyczna	Odcinek diagnostyczny Miara statystyczna	Poziomy decyzyjne stanu nawierzchni jezdni		
Nazwa	Ozn.	Jedn.				Wp (A/B)	Wost (B/C)	Wkryt (C/D)
Równość podłużna								
Średnia wartość IRI (profilograf)	IRI _{sr}	[m/km]	GP	10 m Średnia	1000 m Średnia	2,6	5,0	6,6
	IRI _{sr}	[m/km]	G	50 m Średnia	1000 m Średnia	3,2	5,6	7,2
Odchylenie równości podłużnej (planograf, łąta i klin)	ORP	[mm]	GP, G, Z	10 m Średnia	1000 m Średnia	8	25	35
			L, D, place, stanowiska postojowe	50 m Maksimum	1000 m Średnia	11	30	39
Uskoki płyt	USK	[mm]	-	50 m Maksimum	1000 m Średnia	5	10	15
Równość poprzeczna								
Głębokość nierówności poprzecznej (planograf, łąta i klin)	GNP	[mm]	GP, G, Z	1 m (profilometr), 5 m (łąta) Maksimum	1000 m Średnia	10	20	30
			L, D, place, stanowiska postojowe	1 m (profilometr), 5 m (łąta) Maksimum	1000 m Średnia	14	28	40
Właściwości przeciwpoślizgowe								
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 30km/h	WTN30	[-]	GP, G, Z, L, D przy prędkości pomiaru 30 km/h	50 m Średnia	100 m Średnia	0,44	0,39	0,33
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar nieciągły, prędkość 60km/h	WTN60	[-]	GP, G, Z, L, D przy prędkości pomiaru 60 km/h	50 m Średnia	100 m Średnia	0,37	0,33	0,27
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 30km/h	WTC30	[-]	GP, G, Z, L, D przy prędkości pomiaru 30 km/h	20 m Średnia	100 m Średnia	0,30	0,26	0,22
Średnia wartość współczynnika tarcia – pomiar ciągły, prędkość 60km/h	WTC60	[-]	GP, G, Z, L, D przy prędkości pomiaru 60 km/h	20 m Średnia	100 m Średnia	0,26	0,23	0,20
Cechy powierzchni								
Spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne i ukośne)	SPD	[m] / sekcja 10 m	-	10 m Suma	10 m Suma	10	30	50
Spękania powierzchniowe (mrozowe, alkaliczne, zmęczeniowe)	SPO	[m²] / sekcja 10 m	-	10 m Suma	10 m Suma	2	9	18
Ubytki (wyboje, lejki, złuszczenia, wykruszenia krawędzi)	UB	[m²] / sekcja 10 m	-	10 m Suma	10 m Suma	5	15	25
Cechy wypełnienia szczelin								
Wypełnienie szczelin	WSZ	[m] / sekcja 10 m	-	10 m Suma	10 m Suma	4	8	15
Nośność								
Ugięcie miarodajne	UD0m	[µm]	KR0	50 m lub 100 m Wielkość zmierzona	Odcinek jednorodny Średnia+odch. std.	310	410	500
			KR1			260	350	440
			KR2			220	310	390
			KR3			190	270	340
			KR4			160	230	300
			KR5			130	200	270
Współczynnik przenoszenia obciążeń (współpracy płyt)	LTE	[%]	-	Wybrane miejsce Wielkość zmierzona	Wybrane miejsce Wielkość zmierzona	80	72	65

(2) Charakterystykę stanu nawierzchni jezdni w przypadku wykonanej oceny i określeniu danej klasy stanu zaprezentowano w WR-D-83-1 Tab. 5.1.2.1.

5. Identyfikacja parametrów stanu nawierzchni poboczy drogi

5.1. Pobocza o nawierzchni twardej

(1) Ocenę stanu poboczy o nawierzchni twardej (opasek zewnętrznych lub pasów awaryjnych) dla nawierzchni asfaltowych i betonowych przeprowadza się według zasad określonych dla tych nawierzchni, wykorzystując przypisane do nich parametry stanu nawierzchni oraz wskaźniki stanu.

5.2. Pobocza gruntowe

(1) W celu oceny stanu poboczy lub części poboczy o nawierzchni gruntowej wykorzystuje się następujące parametry stanu poboczy:

- a) NPO – zniżenie poboczy,
- b) WPO – zawyżenie poboczy.

(2) Parametr NPO (zniżenie poboczy) wyznacza się na podstawie pomiaru deformacji, zniżenia powierzchni pobocza względem krawędzi jezdni (pasa ruchu, opaski, pasa awaryjnego), wyraża się w centymetrach na długości odcinka pomiarowego – sekcji 100 m.

(3) Parametr WPO (zawyżenie poboczy) wyznacza się na podstawie pomiaru deformacji, zawyżenia powierzchni pobocza względem krawędzi jezdni (pasa ruchu, opaski, pasa awaryjnego), wyraża się w centymetrach na długości odcinka pomiarowego – sekcji 100 m. Zawyżenie poboczy ocenia się dla wartości powyżej 15 cm.

(4) Do oceny stanu poboczy stosuje się graniczne przedziały klas stanu zdefiniowane przez trzy poziomy decyzyjne o odpowiednich wartościach, poziom pożądany (odpowiada A/B), ostrzegawczy (odpowiada B/C), krytyczny (odpowiada C/D). Ocenia się odcinek diagnostyczny o długości 100 m.

(5) W tab. 5.2.1. zaprezentowano przypisanie wartości poziomów decyzyjnych do parametrów stanu poboczy.

Tab. 5.2.1. Przypisanie wartości poziomów decyzyjnych do parametrów stanu poboczy

Parametr stanu poboczy			Odcinek pomiarowy, miara statystyczna	Odcinek diagnostyczny, miara statystyczna	Poziomy decyzyjne stanu poboczy		
Nazwa	Ozn.	Jedn.			Wp (A/B)	Wost (B/C)	Wkryt (C/D)
Zniżenie poboczy	NPO	[cm]	100 m Maksimum	100 m Maksimum	5	10	15
Zawyżenie poboczy	WPO	[cm]	100 m Maksimum	100 m Maksimum	-	-	15

6. Kontrola stanu dróg na podstawie przeglądu wizualnego

(1) Przegląd wizualny przeprowadza się dla wybranych cech powierzchni jezdni oraz cech poboczy dróg, które określone są następującymi parametrami:

a) dla nawierzchni asfaltowych:

- spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne, ukośne i nieregularne), w tym blokowe oraz nieuszczelne spoiny technologiczne i stan krawędzi,
- spękania powierzchniowe (siatkowe),
- łaty, wyboje i ubytki,

b) dla nawierzchni betonowych:

- spękania pojedyncze (podłużne, poprzeczne i ukośne),
- spękania powierzchniowe (mrozowe, alkaliczne, zmęczeniowe),
- ubytki (wyboje, lejki, złuszczenia, wykruszenia krawędzi),

c) dla poboczy:

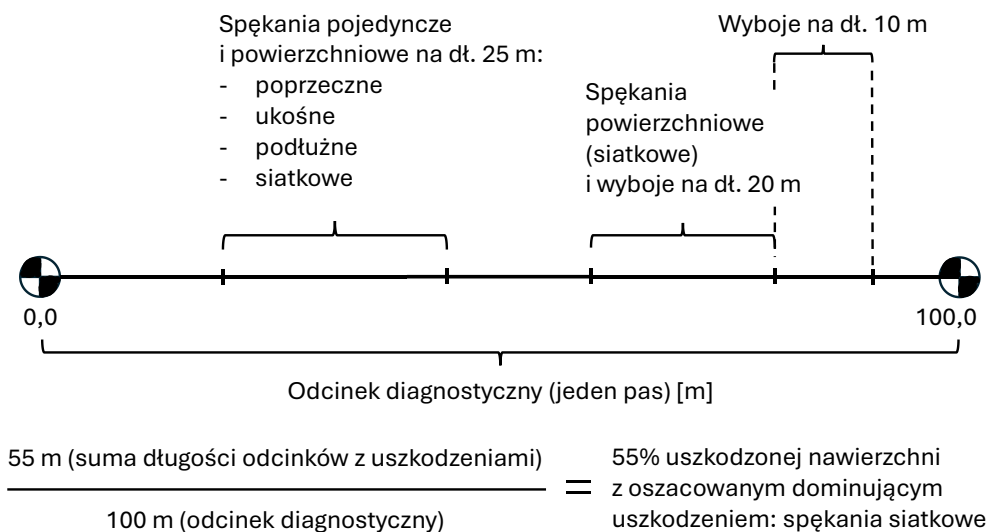
- zniżenie poboczy,
- zawyżenie poboczy.

(2) Przegląd wizualny zalecany jest do realizacji co roku dla trzech poziomów oceny w ramach etapu planowania.

(3) Przegląd wizualny stanowi ogólną, wstępną ocenę stanu nawierzchni jezdni i poboczy dróg, na podstawie której można podjąć dalsze działania w zakresie dokładniejszej oceny i klasyfikacji stanu z wykorzystaniem wskaźników i poziomów decyzyjnych stanu.

(4) Przegląd wizualny można przeprowadzić na podstawie przejazdu w ciągu drogi, stosując rejestrację filmową lub w postaci sekwencji zdjęć z poziomu pojazdu lub drona. Można prowadzić też identyfikację w innej formie, np. w postaci „ręcznych” zapisów podczas wizji lokalnej.

(5) Identyfikację cech powierzchni (dla nawierzchni asfaltowych i betonowych) wykonuje się, obliczając/szacując długość odcinka drogi w ramach jednego pasa ruchu, na którym występują różne rodzaje uszkodzeń zakwalifikowane do cech powierzchni, widoczne na jezdni (spękania, łaty, wyboje, ubytki) w stosunku do długości odcinka diagnostycznego. Na etapie przeglądu wizualnego określa się rodzaj dominującego uszkodzenia na podstawie szacunkowej oceny. Przykład sposobu identyfikacji cech powierzchni na odcinku diagnostycznym przedstawiono na rys. 6.1.



Rys. 6.1. Przykład sposobu identyfikacji cech powierzchni na odcinku diagnostycznym

(6) Identyfikację cech poboczy wykonuje się, obliczając/szacując długość odcinka drogi w ramach jednego pasa ruchu, na którym występują różne rodzaje uszkodzeń zakwalifikowane do cech poboczy, widoczne na poboczu (deformacje – zniżenia, zawyżenia), w stosunku do

długości odcinka diagnostycznego. Na etapie przeglądu wizualnego określa się rodzaj dominującego uszkodzenia na podstawie szacunkowej oceny.

(7) Zaleca się przeprowadzanie identyfikacji uszkodzeń w dogodnych warunkach pogodowych, bez opadów atmosferycznych.

(8) Długość odcinka diagnostycznego podlegającego ocenie wynosi 100 m (dla nawierzchni asfaltowych) i 10 m (dla nawierzchni betonowych). Może być też ustalony inny odcinek przez zarządcę drogi, dostosowany do przebiegu i układu geometrycznego drogi.

(9) Kwalifikację do przeprowadzenia dalszych działań w zakresie dokładniejszej oceny i klasyfikacji stanu z wykorzystaniem wskaźników i poziomów decyzyjnych stanu podejmuje się w przypadku, gdy udział procentowy uszkodzeń wyrażany stosunkiem długości odcinka, na którym zidentyfikowano uszkodzenia do długości odcinka diagnostycznego, wynosi co najmniej:

- a) dla nawierzchni asfaltowych lub betonowych: 30%,
- b) dla poboczy: 40%.

(10) Podany szacowany udział uszkodzeń, wg klas stanu nawierzchni jezdni/poboczy, może wskazywać na poziom decyzyjny ostrzegawczy/ stan niezadowolający, wymagający zaplanowania zabiegów remontowych.

7. Klasyfikacja uszkodzeń nawierzchni i poboczy drogi

7.1. Asfaltowe nawierzchnie jezdni

(1) W rozdziale zamieszczono listę uszkodzeń nawierzchni asfaltowych obejmującą: nierówności-deformacje trwałe, uszkodzenia powierzchniowe – spękania, łaty, wyboje i ubytki. Podano także przyczyny uszkodzenia, które rozróżniono na przewidywane oraz nieplanowane.

7.1.1. Nierówności – deformacje trwałe

(1) Deformacje trwałe – nierówności poprzeczne (koleiny, deformacje o charakterze liniowym, występujące w przekroju poprzecznym nawierzchni) i sfałowania/deformacje inne (deformacje o charakterze liniowym lub punktowym występujące w przekroju poprzecznym, rzadziej w podłużnym, nawierzchni):

- a) nierówności poprzeczne lepkoplastyczne – deformacje warstwy ścieralnej lub wiążącej (rys. 7.1.1.1),
- b) nierówności poprzeczne strukturalne – deformacje podbudowy lub podłoża, powodujące w konsekwencji deformację również wyższych warstw (rys. 7.1.1.2),
- c) sfałowania/deformacje inne – np. deformacje w postaci odcisków (rys. 7.1.1.3).

(2) Przyczyny przewidywane:

- a) oddziaływanie obciążeń od ruchu samochodów ciężarowych,
- b) oddziaływanie wysokiej temperatury.

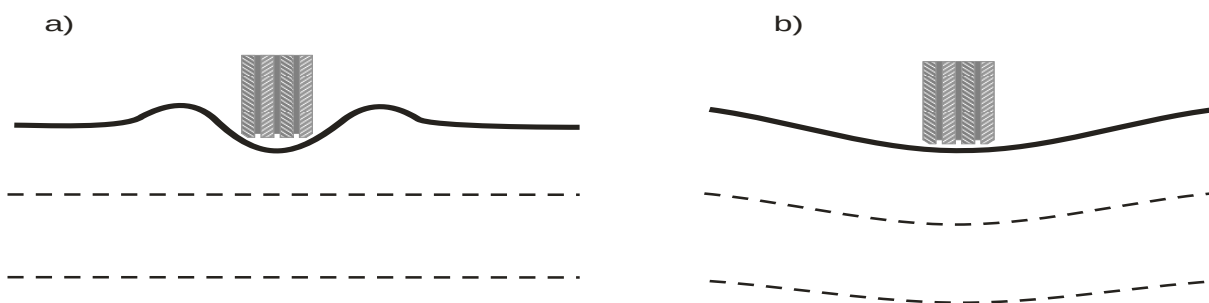
(3) Przyczyny nieplanowane:

- a) zastosowanie mieszanki mineralno-asfaltowej o nieodpowiedniej odporności na deformacje trwałe (np. przez zastosowanie zbyt miękkiego lepiszcza, zbyt dużej zawartości lepiszcza, nieodpowiedniej mieszanki mineralnej),
- b) brak odpowiedniej nośności podłoża spowodowanej błędami projektowymi lub wykonawczymi (deformacje strukturalne).

(4) Na rys. 7.1.1.1, 7.1.1.2 i 7.1.1.3 przedstawiono przykłady trzech rodzajów deformacji trwałych, a na rys. 7.1.1.4 i 7.1.1.5 przykłady odpowiednio: stanu niezadawalającego i złego nawierzchni skoleinowanej.



Rys. 7.1.1.1. Widok nierówności poprzecznych lepkoplastycznych



Rys. 7.1.1.2. Kształt nierówności poprzecznej: a) lepkoplastycznej; b) strukturalnej



Rys. 7.1.1.3. Widok deformacji trwałych – odcisków



Rys. 7.1.1.4. Poziom decyzyjny ostrzegawczy: widoczna deformacja w śladzie prawego koła – głębokość koleiny GK do 20 mm [4]



Rys. 7.1.1.5. Poziom decyzyjny krytyczny: liczne deformacje – głębokość koleiny GK powyżej 30 mm [4]

7.1.2. Uszkodzenia powierzchniowe – spękania

(1) Spękania nawierzchni asfaltowych dzielą się na:

a) zmęczeniowe, w tym:

- siatkowe (rys. 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.1.2.4 i 7.1.2.5),
- podłużne w śladzie nierówności poprzecznej (pojedyncze)/w krawędzi śladu opony (rys. 6.1.2.6 i 6.1.2.7),

b) termiczne (pojedyncze), w tym:

- niskotemperaturowe poprzeczne (pojedyncze) (rys. 7.1.2.8),
- niskotemperaturowe w połączeniu technologicznym (rys. 7.1.2.11),
- termiczne zmęczeniowe (blokowe) (rys. 7.1.2.12, 7.1.2.13 i 7.1.2.14),

c) termiczne – odbite (pojedyncze), w tym:

- poprzeczne (przy dobrym podparciu krawędzi płyt) (rys. 7.1.2.15),
- poprzeczne (przy braku podparcia krawędzi płyt),
- podłużne.

(2) Spękania zmęczeniowe siatkowe spowodowane są rozdzieleniem się struktury warstw konstrukcji nawierzchni asfaltowej na całej lub częściowej jej grubości, tworząc kształt nieregularnej siatki zlokalizowanej głównie w śladach kół pojazdów i w obszarach poddanych cyklicznym naprężeniom zmęczeniowym od ruchu.

(3) Spękania termiczne zmęczeniowe blokowe spowodowane są rozdzieleniem się, w wyniku skurczu termicznego, struktury górnej warstwy konstrukcji nawierzchni asfaltowej na całej jej grubości, tworząc wiele płaszczyzn przebiegających prostopadle i równolegle (ewentualnie ukośnie) do osi jezdni (kierunku jazdy), wzajemnie przecinających się i dzielących nawierzchnię na odrębne fragmenty.

(4) W zakresie kwalifikacji parametru stanu oraz oceny stanu nawierzchni spękania termiczne zmęczeniowe blokowe mogą być zaliczone do spękań pojedynczych (podłużnych i poprzecznych), jednak w przypadku gęstej siatki tego rodzaju spękań o powierzchni równej lub większej 20% ($\geq 60 \text{ m}^2 / \text{sekcję } 100 \text{ m}$) zaleca się traktowanie ich jako spękania powierzchniowe i stosowanie technologii remontowych jak dla spękań siatkowych w klasie stanu nawierzchni jezdni C i D.

(5) Spękania odbite poprzeczne występujące na powierzchni warstwy asfaltowej powstają w wyniku propagacji spękań sztywnej podbudowy spowodowanych skurczem termicznym. W przypadku niedostatecznego podparcia krawędzi spękania podbudowy na powstawanie

spękań odbitych mogą dodatkowo mieć wpływ siły ścinające od obciążenia ruchem samochodów ciężarowych.

(6) Spękania odbite podłużne spowodowane są skurczem termicznym i działaniem sił ścinających od obciążenia ruchem samochodów ciężarowych, np. w śladzie spoiny podłużnej na krawędzi połączenia istniejącej jezdni z konstrukcją poszerzenia jezdni lub pobocza o nawierzchni twardej.

(7) Przyczyny przewidywane:

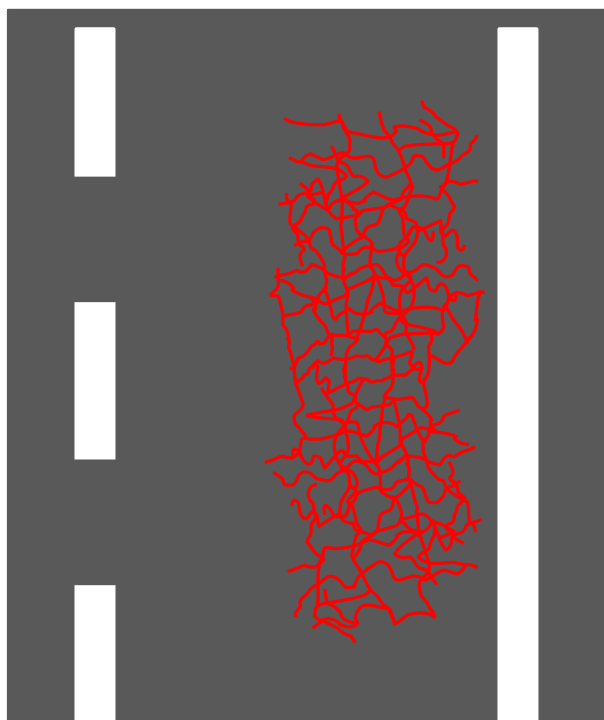
- a) oddziaływanie obciążeń od ruchu samochodów ciężarowych oraz obciążeń termicznych o charakterze zmęczeniowym (zmiany temperatury),
- b) oddziaływanie niskiej temperatury,
- c) starzenie eksploatacyjne lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej (wzrost sztywności lepiszcza i MMA).

(8) Przyczyny nieplanowane:

- a) zastosowanie mieszanki mineralno-asfaltowej o nieodpowiedniej trwałości zmęczeniowej (np. przez zastosowanie zbyt twardego/sztywnego lepiszcza),
- b) zastosowanie mieszanki mineralno-asfaltowej o nieodpowiedniej odporności na niskie temperatury (np. przez zastosowanie zbyt twardego/sztywnego lepiszcza),
- c) zastosowanie zbyt sztywnej podbudowy lub podłoża stabilizowanego spoiwem hydraulicznym (spękania odbite),
- d) brak lub osłabienie połączeń międzywarstwowych.

(9) Na rys. 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.1.2.4 i 7.1.2.5 przedstawiono przykłady spękań zmęczeniowych siatkowych od obciążenia ruchem, a na rys. 7.1.2.6 i 7.1.2.7 spękania zmęczeniowe podłużne w śladzie nierówności poprzecznej (pojedyncze).

(10) Na rys. 7.1.2.8, 7.1.2.9, 7.1.2.10 i 7.1.2.11 przedstawiono przykłady spękań termicznych pojedynczych, a na rys. 7.1.2.12 i 7.1.2.13 przedstawiono przykłady spękań termicznych zmęczeniowych blokowych.



Rys. 7.1.2.1. Schemat spękania siatkowego zmęczeniowego od obciążenia ruchem



Rys. 7.1.2.2. Poziom decyzyjny ostrzegawczy: spękania siatkowe o powierzchni SPO do 45 m² / sekcję 100 m [4]



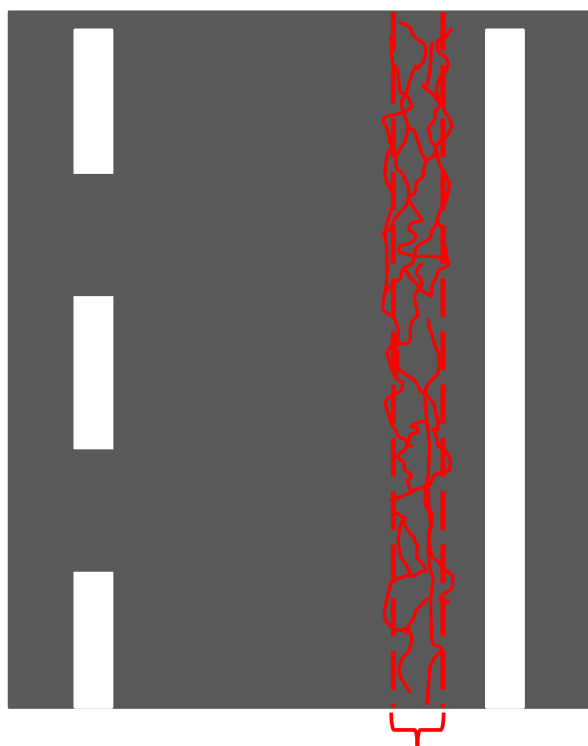
Rys. 7.1.2.3. Poziom decyzyjny ostrzegawczy: spękania siatkowe o powierzchni SPO do 45 m² / sekcję 100 m [4]



Rys. 7.1.2.4. Poziom decyzyjny krytyczny: spękania siatkowe o powierzchni SPO ponad 150 m^2 / sekcję 100 m [4]



Rys. 7.1.2.5. Przykład spękania zmęczeniowego przy połączeniu technologicznym

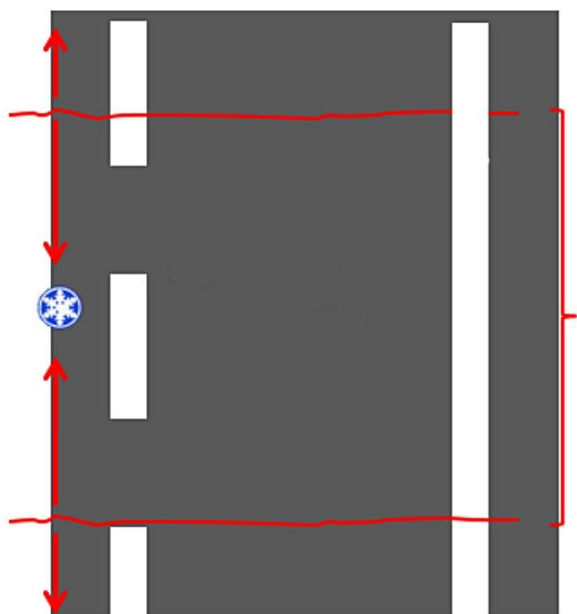


Koleina

Rys. 7.1.2.6. Schemat spękań zmęczeniowych podłużnych (w śladzie nierówności poprzecznej)



Rys. 7.1.2.7. Widok spękania zmęczeniowego podłużnego (w śladzie nierówności poprzecznej)

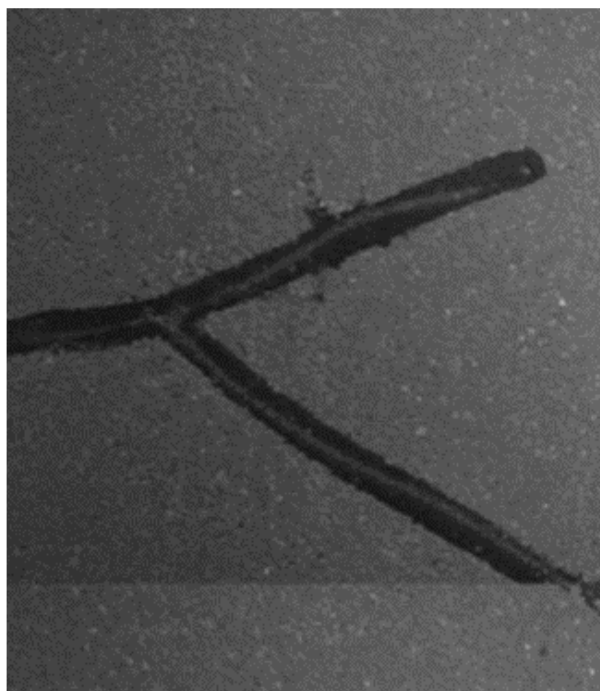


**Pęknięcia poprzeczne co
kilka-kilkadziesiąt metrów**

Rys. 7.1.2.8. Schemat spękań termicznych pojedynczych poprzecznych [4]



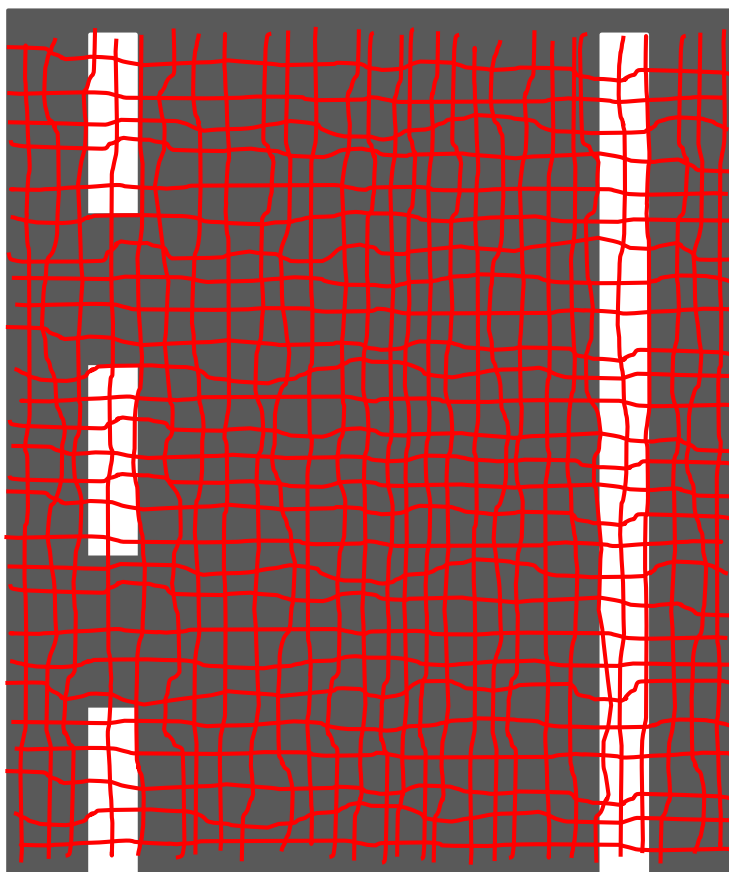
Rys. 7.1.2.9. Widok spękania termicznego pojedynczego poprzecznego



Rys. 7.1.2.10. Widok spękania termicznego naprawionego [4]



Rys. 7.1.2.11. Widok spękania termicznego pojedynczego w połączeniu technologicznym [4]



Rys. 7.1.2.12. Schemat spękań termicznych zmęczeniowych (blokowych)



Rys. 7.1.2.13. Widok spękania termicznego zmęczeniowego (blokowego) w początkowej fazie rozwoju



Rys. 7.1.2.14. Poziom decyzyjny krytyczny: spękania termiczne zmęczeniowe (blokowe) o powierzchni SPO ponad 250 m² / sekcję 100 m



Rys. 7.1.2.15. Widok spękania termicznego odbitego (poprzecznego)

7.1.3. Uszkodzenia powierzchniowe – łaty, wyboje i ubytki

(1) Uszkodzenia powierzchniowe nawierzchni asfaltowych dzielą się na:

- a) ubytki ziaren kruszywa i lepiszcza (rys. 7.1.3.1) oraz mieszanki mineralno-asfaltowej (7.1.3.3) (wypadanie pojedynczych ziaren lub ubytek mieszanki z warstwy ścieralnej bez naruszania warstw niżej leżących),
- b) łaty i wyboje (ubytek nawierzchni na głębokość większą niż grubość warstwy ścieralnej oraz miejsca wymiany lub uzupełnienia nawierzchni) (rys. 7.1.3.2, 7.1.3.3, 7.1.3.4, 7.1.3.5, 7.1.3.6 i 7.1.3.7).

(2) Przyczyny przewidywane:

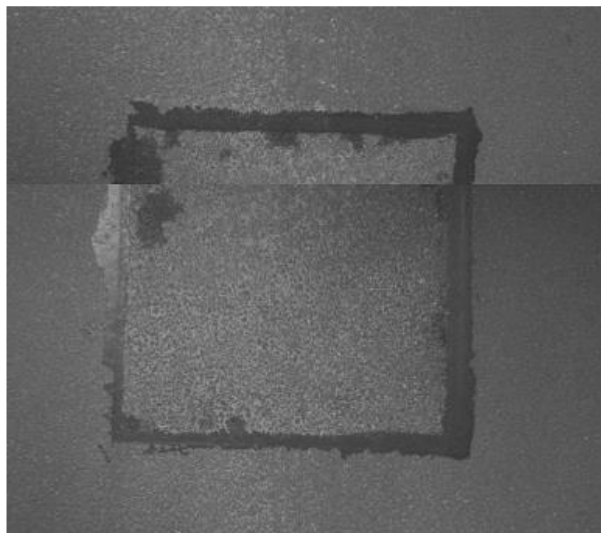
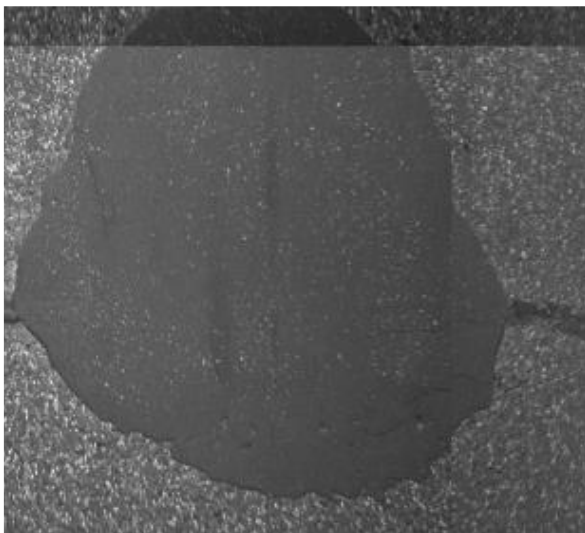
- a) oddziaływanie obciążeń od ruchu o charakterze ścinającym (ścieranie, wrywanie ziaren kruszywa),
- b) oddziaływanie obciążeń od ruchu o charakterze zmęczeniowym (np. wyboje spowodowane odspojeniem mieszanki mineralno-asfaltowej w rejonie siatkowych spękań zmęczeniowych),
- c) oddziaływanie niskiej temperatury w powiązaniu z działaniem wód opadowych (np. wyboje).

(3) Przyczyny nieplanowane:

- a) ubytki ziaren kruszywa i lepiszcza oraz mieszanki mineralno-asfaltowej spowodowane nieodpowiednią adhezją pomiędzy kruszywem i lepiszczem (np. zapylenie kruszywa, kwasowość kruszywa) lub błędami wykonawczymi warstwy ścieralnej (np. nieodpowiednim zagęszczeniem mieszanki mineralno-asfaltowej),
- b) błędy wykonawcze łat (np. nieodpowiednie osuszenie naprawianego ubytku, zastosowanie nieodpowiedniej mieszanki mineralno-asfaltowej do wykonania łaty, nieodpowiednie zagęszczenie mieszanki mineralno-asfaltowej).



Rys. 7.1.3.1. Widok ubytków ziaren kruszywa i lepiszcza



Rys. 7.1.3.2. Widok łaty: o nieregularnym i regularnym kształcie [4]



Rys. 7.1.3.3. Przykłady ubytków mieszanki mineralno-asfaltowej (zdjęcie z lewej i środkowe) oraz wybojów (zdjęcie z prawej) [4]



Rys. 7.1.3.4. Poziom decyzyjny ostrzegawczy: łaty o powierzchni LIW do 60 m² / sekcja 100 m [4]



Rys. 7.1.3.5. Poziom decyzyjny ostrzegawczy: łąty o powierzchni LIW do 60 m² / sekcja 100 m [4]



Rys. 7.1.3.6. Poziom decyzyjny ostrzegawczy: łąty o powierzchni LIW do 60 m² / sekcja 100 m [4]



Rys. 7.1.3.7. Poziom decyzyjny krytyczny: liczne wyboje o powierzchni LIW ponad 60 m² / sekcja 100 m [4]

7.2. Betonowe nawierzchnie jezdni

(1) W rozdziale zamieszczono listę uszkodzeń nawierzchni obejmującą: nierówności-deformacje, uszkodzenia powierzchniowe – spękania, uszkodzenia wypełnień szczelin. Podano także przyczyny uszkodzenia, które rozróżniono na przewidywane oraz nieplanowane.

7.2.1. Nierówności – deformacje

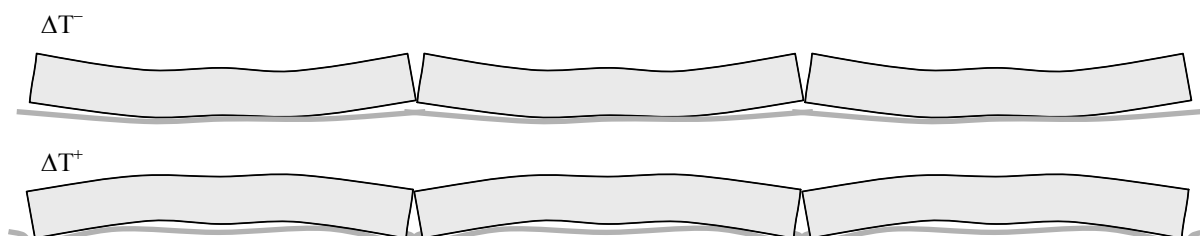
Nierówności podłużne

(1) Nierówności podłużne nawierzchni betonowej są wynikiem pionowych przemieszczeń (wygięcia) powierzchni w obrębie górnej warstwy nawierzchni, identyfikowane są w przekroju podłużnym w kierunku równoległym do osi jezdni (zgodnie z kierunkiem jazdy) w zakresie długości fali równości i megatekstury (rys. 7.2.1.2, 7.2.1.1, 7.2.1.3).

(2) Przyczyny przewidywane: brak.

(3) Przyczyny nieplanowane:

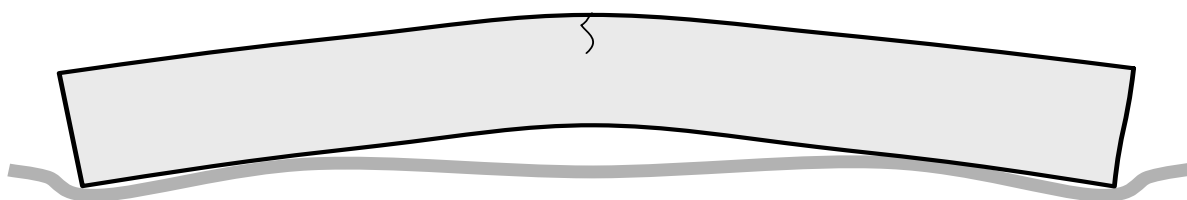
- a) oddziaływanie temperatury (zbyt duży gradient na grubości płyty, różnica temperatur pomiędzy górną i dolną powierzchnią, większy, niż przewidziano w założeniach projektowych) powodujące trwałe pionowe wygięcia płyt (do góry lub w dół),
- b) znaczne zmiany wilgotnościowe powodujące paczanie się płyt.



Rys. 7.2.1.1. Schemat deformacji płyt w zależności od różnicy temperatur pomiędzy górną i dolną powierzchnią



Rys. 7.2.1.2. Widok nierówności podłużnych na długości płyty



Rys. 7.2.1.3. Schemat deformacji podłużnych na długości płyty

Uskoki płyt

(4) Względne pionowe przemieszczenie krawędzi sąsiadujących płyt w obrębie szczeliny dylatacyjnej, skurczowej lub pęknięcia poprzecznego płyty (rys. 7.2.1.4 i 7.2.1.5).

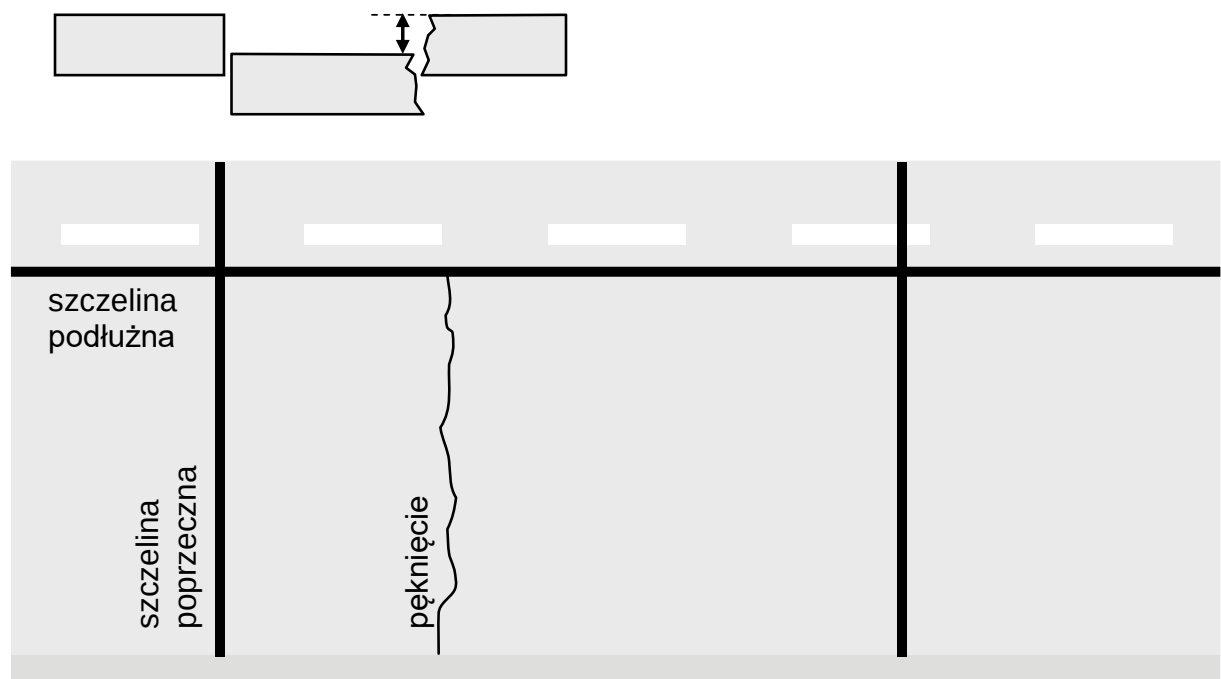
(5) Przyczyny przewidywane: degradacja podłoża lub podbudowy spowodowana np. niewłaściwym utrzymaniem szczelin dylatacyjnych.

(6) Przyczyny nieplanowane:

- a) słaba (lub brak) współpraca płyt w szczelinie (mała zdolność do przenoszenia obciążenia z jednej płyty na drugą),
- b) niewłaściwe utrzymanie wypełnienia szczelin dylatacyjnych,
- c) niska nośność podłoża/podbudowy lub korpusu budowli ziemnej,
- d) występowanie wody pod płytami betonowymi,
- e) erozja podbudowy w miejscach połączeń płyt.



Rys. 7.2.1.4. Widok uskoków płyt



Rys. 7.2.1.5. Schemat uskoków płyt

Nierówności poprzeczne

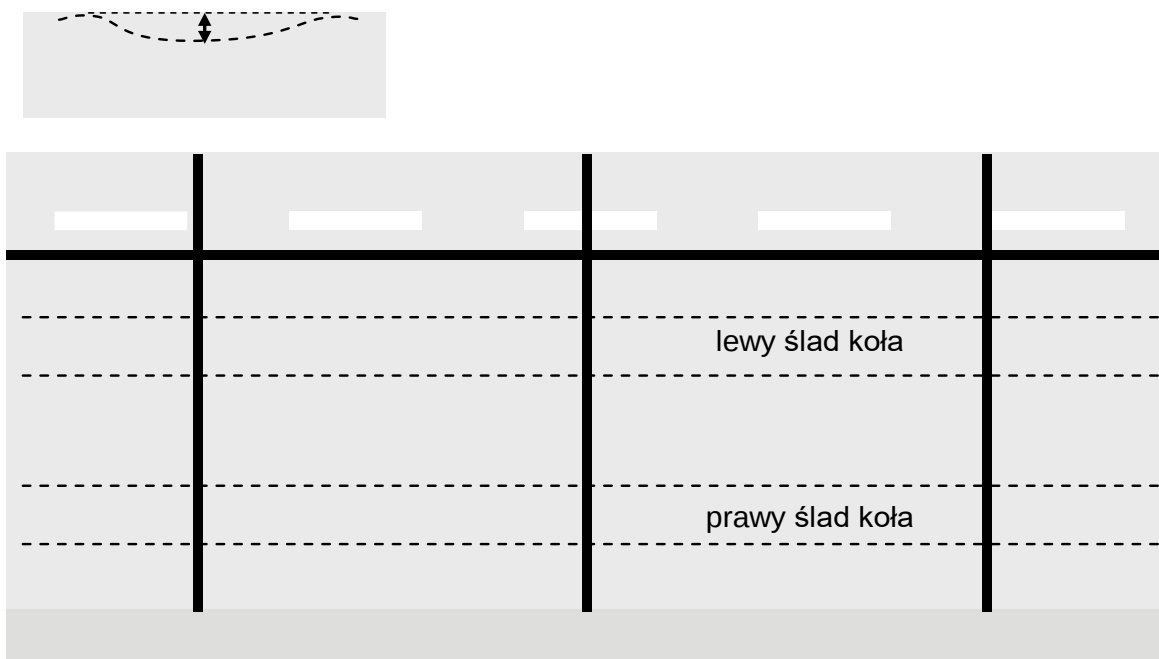
(7) Ubytki nawierzchni w obrębie górnej warstwy nawierzchni, spowodowane ścieraniem (rys. 7.2.1.6 i 7.2.1.7). Identyfikowane w przekroju poprzecznym w lewym i prawym śladzie koła w kierunku prostopadłym do osi jezdni (kierunku jazdy) w zakresie długości fali równości i megatekstury.

(8) Przyczyny przewidywane: ścieranie górnej powierzchni płyty przez koła pojazdów, w szczególności przez okolcowane.

(9) Przyczyny nieplanowane: niska odporność kruszywa na rozdrabnianie.



Rys. 7.2.1.6. Widok nierówności poprzecznych



Rys. 7.2.1.7. Schemat nierówności poprzecznych

7.2.2. Uszkodzenia powierzchniowe – spękania pojedyncze

Ogólna klasyfikacja pęknięć

(1) Wyróżnia się następujące typowe przypadki spękań pojedynczych nawierzchni z betonu cementowego: podłużne, poprzeczne i ukośne.

Spękania pojedyncze podłużne i ukośne

(2) Spękania pojedyncze podłużne lub ukośne spowodowane są rozdzieleniem się struktury płyty na całej lub częściowej jej grubości tworząc dwie płaszczyzny, przebiegające wzdłuż dłuższego boku płyty, najczęściej równoległe/ukośnie do osi jezdni (kierunku jazdy), wzdłuż krawędzi (rys. 7.2.2.1, 7.2.2.2 i 7.2.2.3).

(3) Przyczyny przewidywane: oddziaływanie obciążenia lub temperatury o charakterze zmęczeniowym.

(4) Przyczyny nieplanowane:

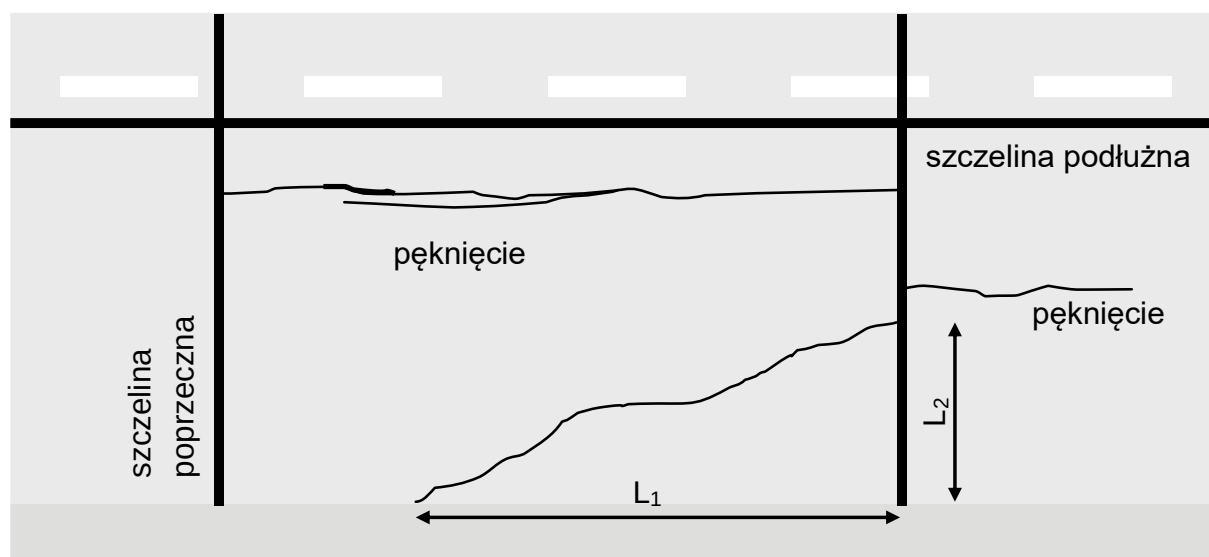
- a) zbyt duże wymiary płyty w planie,
- b) zbyt małe grubości płyty,
- c) niewłaściwa nośność podłoża/podbudowy lub korpusu budowli ziemnej (zbyt niska nośność lub zbyt duża sztywność), brak właściwego podparcia płyty,
- d) niewłaściwe utrzymanie wypełnień szczelin dylatacyjnych,
- e) mała wytrzymałość betonu płyty na rozciąganie,
- f) błędy technologiczne przy układaniu mieszanki betonowej (przewibrowanie przy układaniu w śladach wibratorów).



Rys. 7.2.2.1. Widok spękania podłużnego na długości płyty



Rys. 7.2.2.2. Widok krótkich spękań podłużnych



$$L_1 \gg L_2$$

Rys. 7.2.2.3. Schemat spękań podłużnych i ukośnych

Spękania pojedyncze poprzeczne

(5) Spękania pojedyncze poprzeczne spowodowane są rozdzieleniem się struktury płyty na całość lub częściowej jej grubości tworząc dwie płaszczyzny (rys. 7.2.2.4 i 7.2.2.5), przebiegające w kierunku prostopadłym do dłuższego boku płyty, najczęściej prostopadłe do osi jezdni (kierunku jazdy).

(6) Przyczyny przewidywane: oddziaływanie obciążenia lub temperatury o charakterze zmęczeniowym.

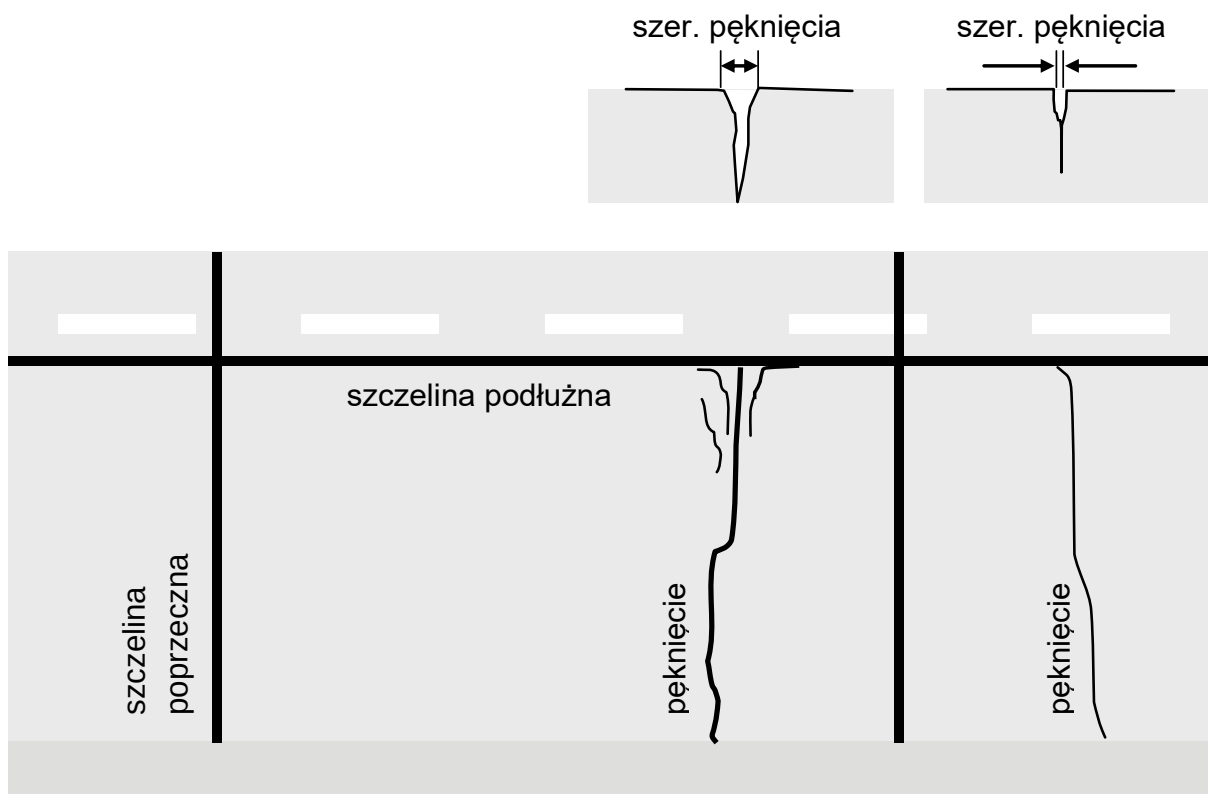
(7) Przyczyny nieplanowane:

- a) oddziaływanie temperatury (duży gradient na grubości płyty, różnica temperatur pomiędzy górną i dolną powierzchnią, większy niż przewidziano w założeniach projektowych) powodujące przekroczenie naprężeń dopuszczalnych na rozciąganie w płycie,

- b) skurcz podczas procesu wiązania betonu (niewłaściwe położenie nacięcia szczelin),
- c) zbyt długie płyty (niewłaściwe wymiary i proporcje długości-szerokości-grubości),
- d) zbyt małe grubości płyty,
- e) niewłaściwa nośność podłoża/podbudowy lub korpusu budowli ziemnej (zbyt niska nośność lub zbyt duża sztywność),
- f) błędnie wykonane szczeliny (skurczowe, dylatacyjne),
- g) mała wytrzymałość płyty na rozciąganie,
- h) ograniczony poślizg płyty na sztywnej podbudowie,
- i) przekopowanie/odbicie uszkodzenia (pęknięcia) z dolnych warstw nawierzchni.



Rys. 7.2.2.4. Widok spękania poprzecznego



Rys. 7.2.2.5. Schemat spękań poprzecznych

Inne typy spękań - spękania naroży

(8) Spękania naroży spowodowane są rozdzieleniem się struktury płyty na całej lub częściowej jej grubości tworząc dwie płaszczyzny, przebiegające skośnie w obszarze naroży płyty (rys. 7.2.2.6, 7.2.2.7 i 7.2.2.8).

(9) W zakresie kwalifikacji parametru stanu oraz oceny stanu nawierzchni spękania naroży mogą być zaliczone do spękań pojedynczych (ukośnych).

(10) Przyczyny przewidywane: oddziaływanie obciążenia lub temperatury o charakterze zmęczeniowym.

(11) Przyczyny nieplanowane:

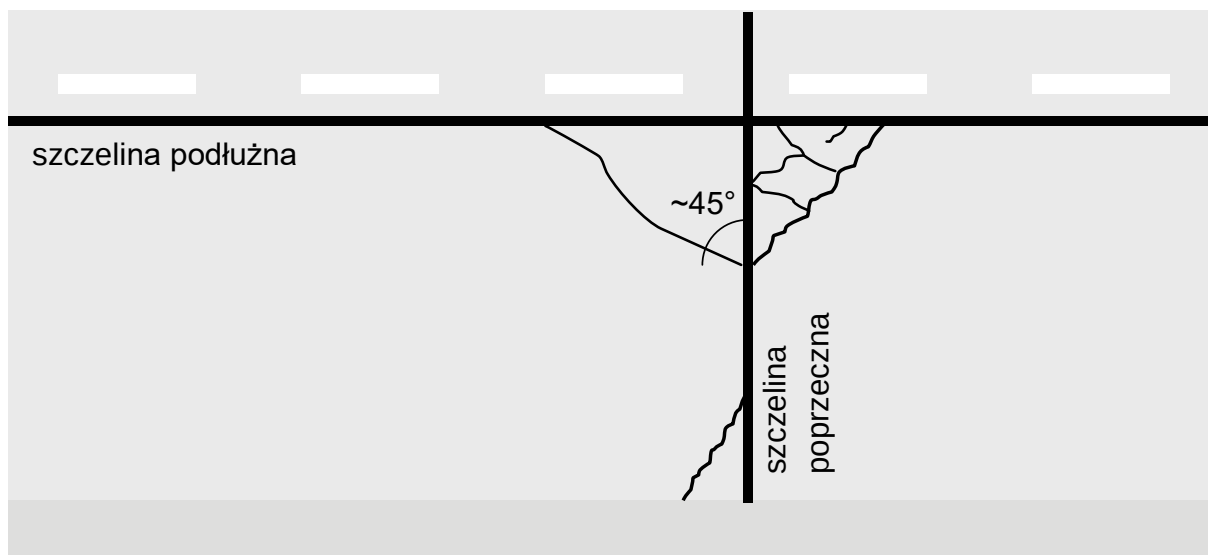
- a) niewłaściwe parametry geometryczne płyty,
- b) niewłaściwa nośność podłoża/podbudowy lub korpusu budowli ziemnej (zbyt niska nośność lub zbyt duża sztywność), brak właściwego podparcia płyty,
- c) mała wytrzymałość betonu płyty na rozciąganie.



Rys. 7.2.2.6. Widok spękań naroża



Rys. 7.2.2.7. Widok spękania naroża z częściowym wykruszeniem



Rys. 7.2.2.8. Schemat spękań naroża

Inne typy spękań - spękania blokowe

(12) Spękania blokowe spowodowane są rozdzieleniem się struktury płyty na całej jej grubości, tworzące dwie lub więcej płaszczyzn (rys. 7.2.2.9, 7.2.2.10 i 7.2.2.11), przebiegające prostopadle i równoległe albo ukośnie do osi jezdni (kierunku jazdy), wzajemnie przecinające się, dzielące płyty na kilka odrębnych fragmentów (połamane płyty).

(13) W zakresie kwalifikacji parametru stanu oraz oceny stanu nawierzchni spękania blokowe mogą być zaliczone do spękań pojedynczych (podłużnych, poprzecznych).

(14) Przyczyny przewidywane: oddziaływanie obciążenia lub temperatury o charakterze zmęczeniowym.

(15) Przyczyny nieplanowane:

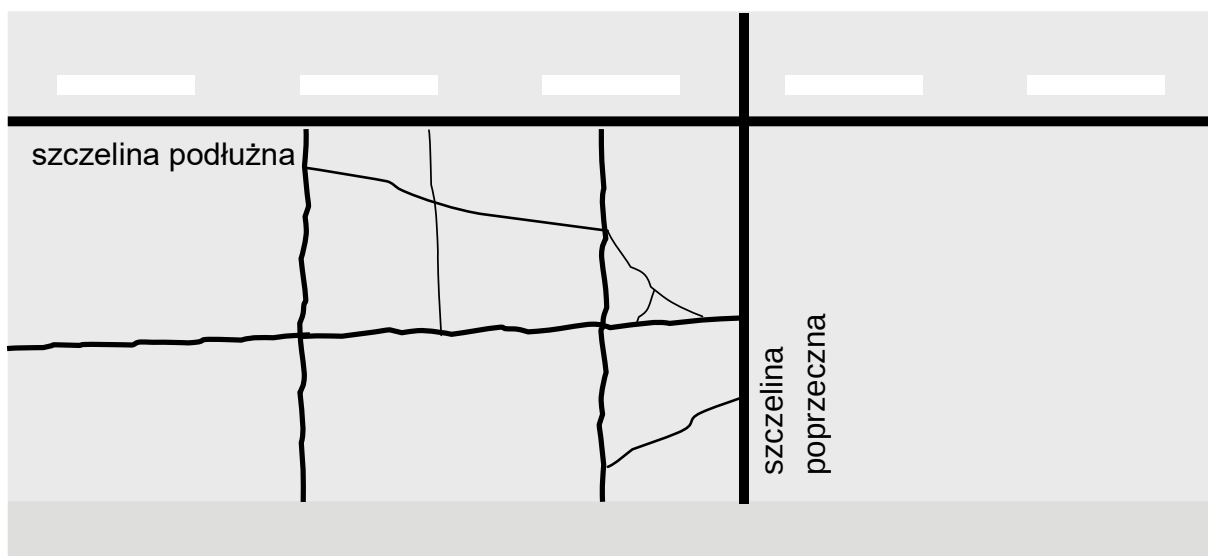
- a) niedowibrowanie mieszanki nad dyblami,
- b) niewłaściwe parametry geometryczne płyty,
- c) niewłaściwa nośność podłoża/podbudowy lub korpusu budowli ziemnej (zbyt niska nośność lub zbyt duża sztywność),
- d) mała wytrzymałość płyty na rozciąganie.



Rys. 7.2.2.9. Widok pęknięć blokowych



Rys. 7.2.2.10. Widok spękań blokowych w obszarze naroża



Rys. 7.2.2.11. Schemat spękań blokowych

7.2.3. Uszkodzenia powierzchniowe – spękania powierzchniowe

Ogólna klasyfikacja pęknięć

(1) Wyróżnia się następujące typowe przypadki spękań powierzchniowych nawierzchni z betonu cementowego: mrozowe, alkaliczne, zmęczeniowe.

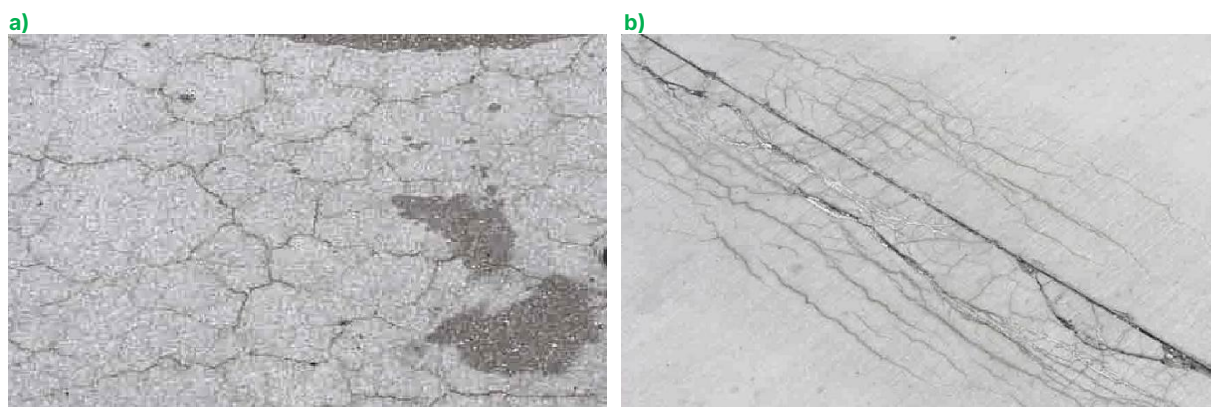
Spękania powierzchniowe mrozowe

(2) Spękania mrozowe tworzą kształt nieregularnej siatki (rys. 7.2.3.1a i 7.2.3.2) lub kształt zgrupowanych spękań przy krawędzi płyty, tworząc zaokrąglający się układ w narożach (rys. 7.2.3.1b i 7.2.3.3).

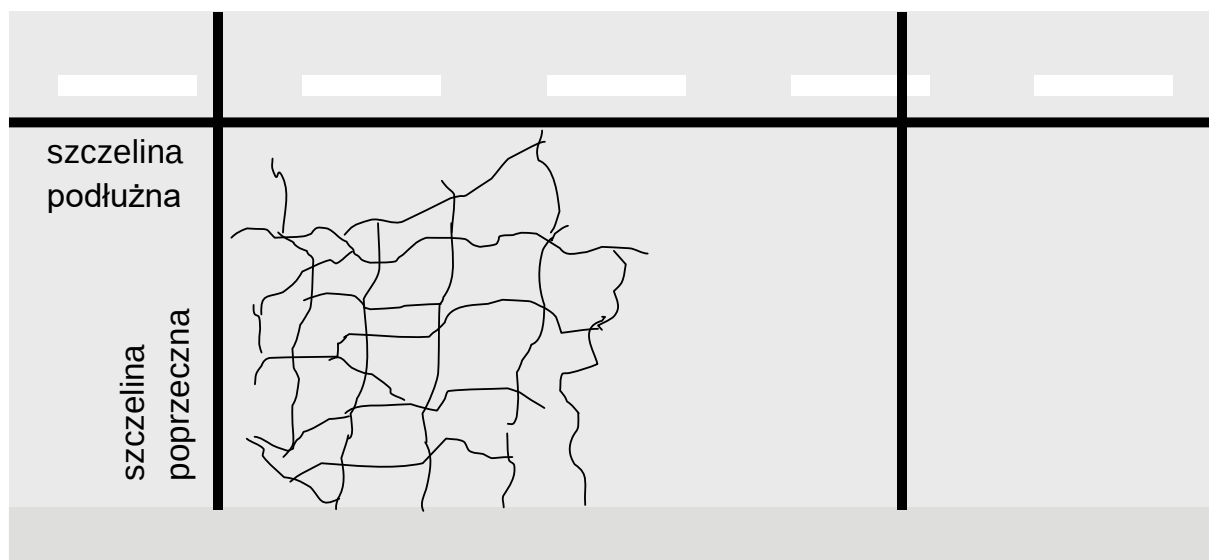
(3) Przyczyny przewidywane: brak

(4) Przyczyny nieplanowane:

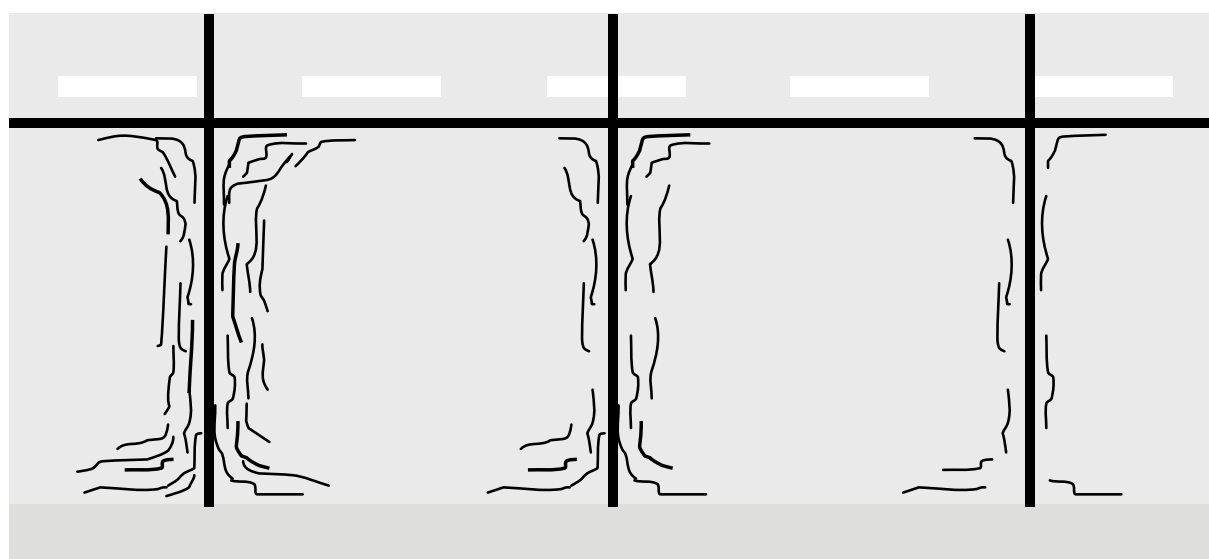
- a) niska odporność betonu na cykle zamrażania-odmrażania,
- b) niewłaściwie dobrany skład i parametry mieszanki (kruszywo, cement),
- c) niewłaściwa jakość i parametry grubego kruszywa,
- d) niska odporność betonu na oddziaływanie środków zimowego utrzymania.



Rys. 7.2.3.1. Widok spękań mrozowych: a) w postaci nieregularnej siatki; b) przy krawędzi płyty



Rys. 7.2.3.2. Schemat spękań mrozowych



Rys. 7.2.3.3. Schemat spękań mrozowych przy krawędziach płyt

Spękania powierzchniowe alkaliczne

(5) Spękania alkaliczne powstają w wyniku reakcji między alkalią i aktywną krzemionką zawartą w kruszywie. Powstający żel ma tendencję do zwiększania objętości, a w efekcie – do destrukcji betonu. Istnieje również inny rodzaj szkodliwej reakcji, związany z reakcją między alkalią i kruszywami z wapieni dolomitycznych (rys. 7.2.3.4 i 7.2.3.5).

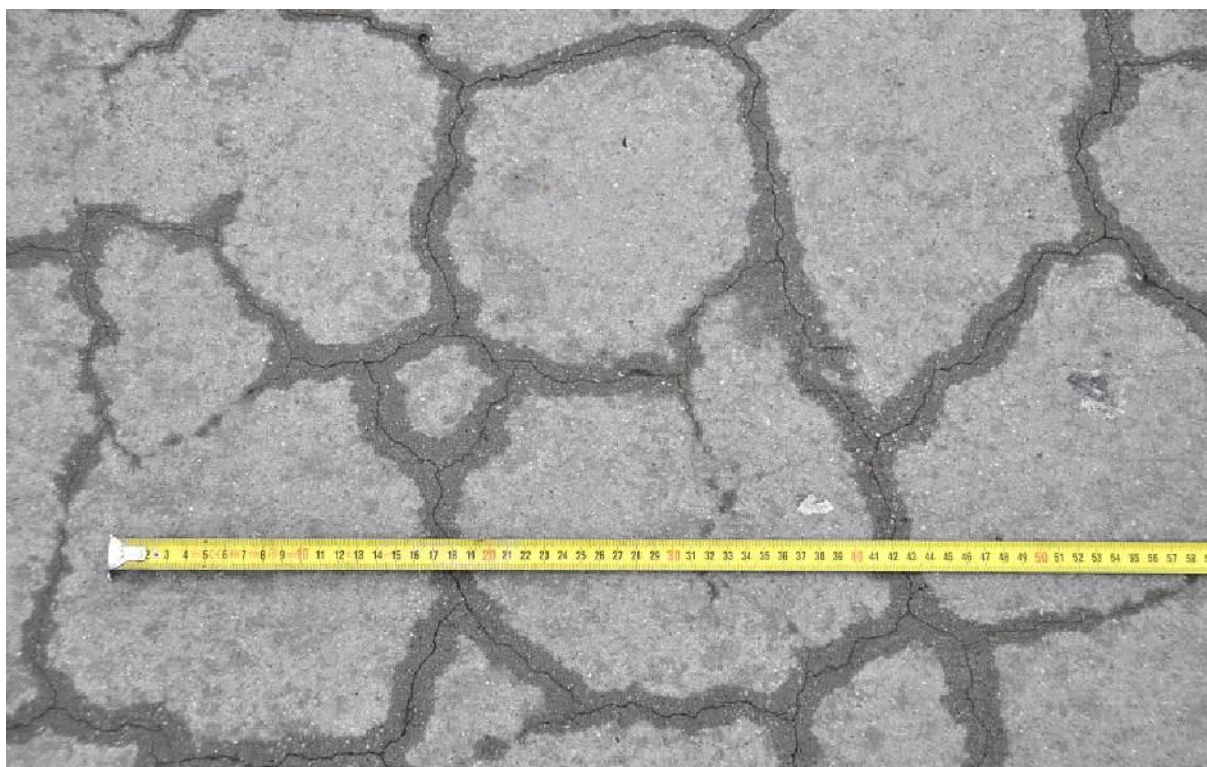
(6) Przyczyny przewidywane: brak.

(7) Przyczyny nieplanowane:

- a) zbyt duża zawartość alkaliów w cemencie,
- b) zbyt duża reaktywność alkaliczna kruszywa,
- c) niekorzystne działanie środków zimowego utrzymania,
- d) reakcja z kruszywami wapiennymi dolomitycznymi.



Rys. 7.2.3.4. Widok spękań alkalicznych



Rys. 7.2.3.5. Widok spękań alkalicznych

Spękania powierzchniowe zmęczeniowe

(8) Spękania zmęczeniowe spowodowane są rozdzieleniem się struktury płyty na całej lub częściowej jej grubości, tworząc kształt nieregularnej siatki zlokalizowanej głównie w śladach kół pojazdów i w obszarach poddanych cyklicznym naprężeniom zmęczeniowym.

(9) Przyczyny przewidywane: oddziaływanie obciążenia lub temperatury o charakterze zmęczeniowym.

(10) Przyczyny nieplanowane:

- a) zbyt duże wymiary płyty w planie,
- b) zbyt małe grubości płyty,
- c) niewłaściwa nośność podłoża/podbudowy lub korpusu budowli ziemnej, brak właściwego podparcia płyty,
- d) niewłaściwe utrzymanie wypełnień szczelin dylatacyjnych,
- e) mała wytrzymałość betonu płyty na rozciąganie.

Inne typy spękań – spękania spowodowane niewłaściwą pielęgnacją

(11) Wskutek niewłaściwej pielęgnacji betonu w pierwszym okresie po wykonaniu nawierzchni występuje skurcz plastyczny, pojawiający się w twardniejącym betonie powodujący spękania spowodowane niewłaściwą pielęgnacją (rys. 7.2.3.6).

(12) Przyczyny przewidywane: brak.

(13) Przyczyny nieplanowane: niewłaściwa pielęgnacja, nieodpowiednia konsystencja betonu.



Rys. 7.2.3.6. Widok spękań spowodowany niewłaściwą pielęgnacją

7.2.4. Uszkodzenia powierzchniowe – ubytki

Ogólna klasyfikacja ubytków

(1) Wyróżnia się następujące typowe przypadki ubytków nawierzchni z betonu cementowego: wyboje, lejki, złuszczenia, wykruszenia krawędzi.

Wyboje

(2) Wyboje to duże ubytki nawierzchni powstające miejscowo (rys. 7.2.4.1) wskutek wad betonu, polegające na niskiej odporności na działanie niskich temperatur (cykli zamrażania i odmrażania).

- (3) Przyczyny przewidywane: brak.
- (4) Przyczyny nieplanowane:
- a) zanieczyszczone kruszywo (zaglinione),
 - b) niedogęszczona mieszanka betonowa.



Rys. 7.2.4.1. Widok wyboju

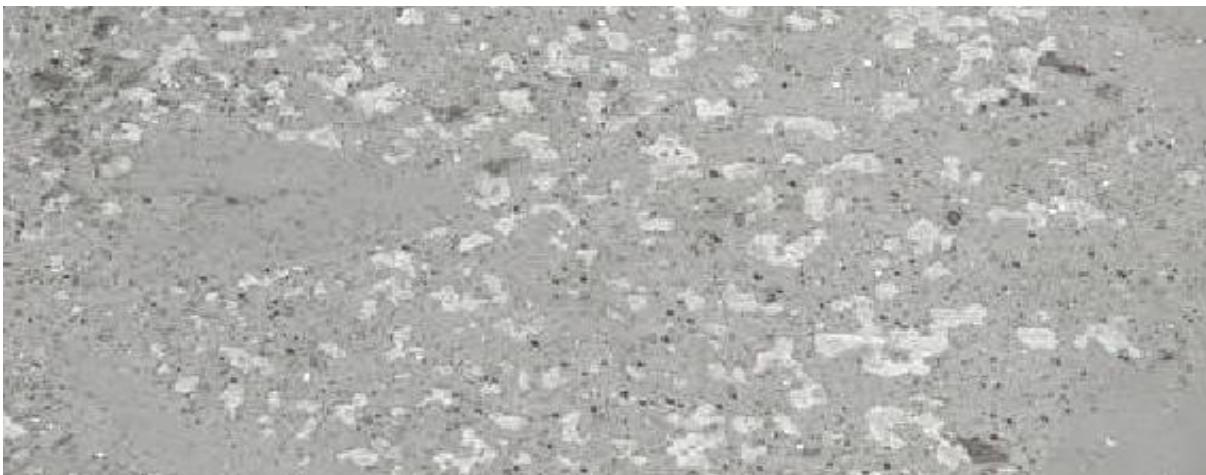
Lejki

(5) Lejki występują w górnej powierzchni i stanowią małe ubytki zaprawy wraz z odspojeniem ziaren. Spowodowane są obecnością pojedynczych ziaren, zbyt porowatych lub zwiędniętych skał węglanowych (rys. 7.2.4.2 i 7.2.4.3). Z powodu małej gęstości objętościowej ziarna te pod wpływem zagęszczania mają tendencję do wypływania na powierzchnię. W zwiędniętym betonie nasączają się wodą i wskutek pojawiającego się ciśnienia wywołują destrukcję zaprawy, co w efekcie powoduje odspojenie zaprawy na powierzchni i destrukcję powierzchni. Czasami przyczyną powstawania lejków/kraterów z białym nalotem jest występowanie aluminium (pochodzącego ze skrzyń samochodów), które wchodzi w reakcję z wodą.

- (6) Przyczyny przewidywane: brak.
- (7) Przyczyny nieplanowane:
- a) porowate/zanieczyszczone kruszywo,
 - b) kruszywa pochodzenia węglanowego,
 - c) opiłki aluminium.



Rys. 7.2.4.2. Widok ubytków ziaren/lejków



Rys. 7.2.4.3. Widok ubytków ziaren/lejków

Złuszczenia

(8) Złuszczenia stanowią ubytki cienkiej warstwy powierzchniowej z zaprawy lub zaczynu. Uszkodzenia tego typu powstają wskutek niewłaściwego zawibrowania betonu lub nieodpowiedniego składu (rys. 7.2.4.4).

(9) Przyczyny przewidywane: brak.

(10) Przyczyny nieplanowane:

- a) niewłaściwy skład betonu,
- b) błędy technologiczne (np. nadmierne polewanie wodą),
- c) sedymentacja i rozwarstwienie mieszanki betonowej po ułożeniu.



Rys. 7.2.4.4. Widok złuszczeń

Wykruszenia krawędzi

(11) Wykruszenia krawędzi mogą swoim zakresem zawierać: spękania pojedyncze i powierzchniowe oraz ubytki w odległości do 10 cm od krawędzi szczeliny, zazwyczaj niesięgające na całą głębokość płyty, lecz przecinające powierzchnię boczną płyty. Mogą posiadać większy zakres i intensywność wskutek wadliwego wbudowania dybli lub kotew (rys. 7.2.4.5, 7.2.4.6 i 7.2.4.7).

(12) Przyczyny przewidywane: oddziaływanie obciążenia lub temperatury o charakterze zmęczeniowym.

(13) Przyczyny nieplanowane:

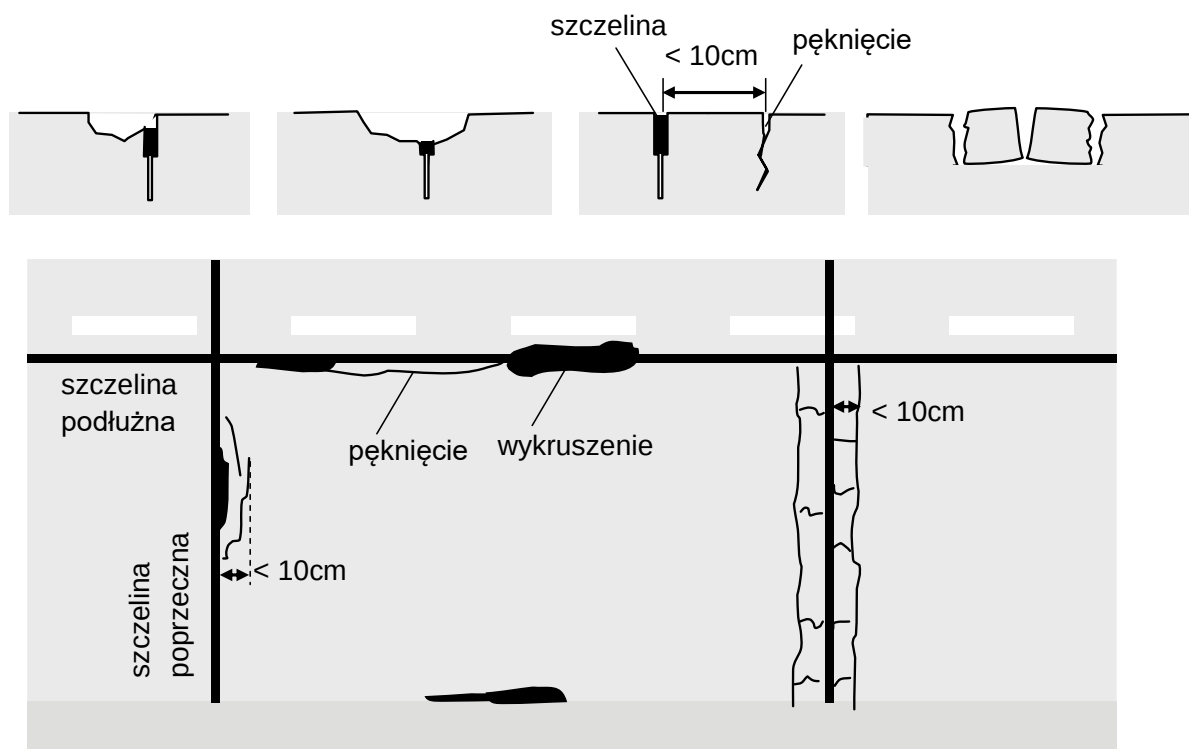
- a) błędnie wykonane/wykończone szczeliny,
- b) niewłaściwy dobór środków opóźniających wiązanie lub środków do pielęgnacji,
- c) zanieczyszczenia powierzchni, „wolne kruszywo”,
- d) niewłaściwie dobrany skład i parametry mieszanki (kruszywo, cement),
- e) błędy w wykonaniu nawierzchni: niedogęszczenie, niewłaściwa pielęgnacja, niezachowany reżim technologiczny na etapie dojrzewania,
- f) błędy w ułożeniu dybli,
- g) wysoka temperatura, przekraczająca założenia projektowe,
- h) erozja i degradacja podbudowy.



Rys. 7.2.4.5. Widok wykruszenia krawędzi szczeliny płyty



Rys. 7.2.4.6. Widok wykruszenia krawędzi szczeliny płyty



Rys. 7.2.4.7. Schemat wykruszenia krawędzi przy szczelinach

7.2.5. Uszkodzenia wypełnień szczelin (masy zalewowej, wkładek, profili)

(1) Uszkodzenia wypełnień szczelin związane są z wyptywami, wykruszeniami, nieszczelnościami wypełnień stosowanych w szczelinach dylatacyjnych i skurczowych (rys. 7.2.5.1 i 7.2.5.2).

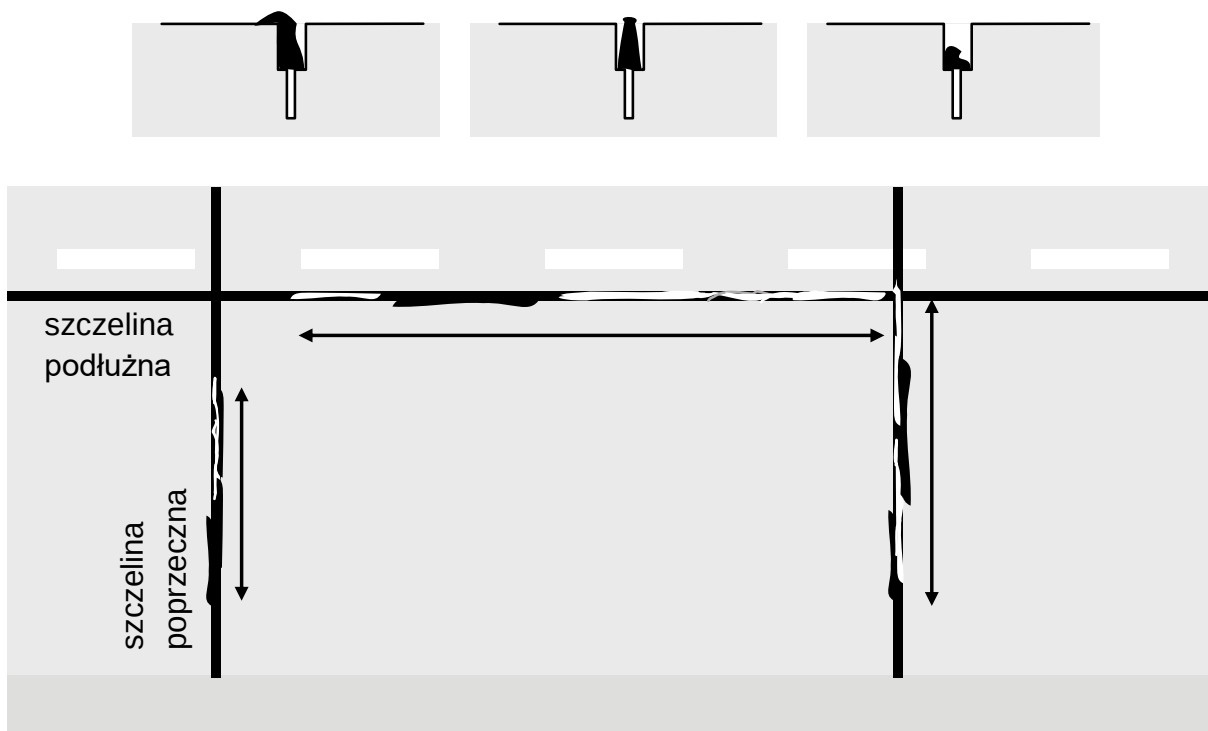
(2) Przyczyny przewidywane: warunki klimatyczne (wielokrotne cykle zamarzania i odwilży oraz znaczne wahania dobowe temperatury, powodujące nadmierne rozszerzanie i kurczenie się szczelin).

(3) Przyczyny nieplanowane:

- a) niewłaściwie wykonywane wypełnienia/uszczelnienia szczelin,
- b) niewłaściwie dobrany rodzaj materiału wypełniającego – wykazujący starzenie, twardnienie, zmianę cech sprężystych, uplastycznienie, niską przyczepność,
- c) niewłaściwie zaprojektowane/wykonane/wykończone szczeliny,
- d) niewłaściwie utrzymana nawierzchnia – zanieczyszczenia powierzchni, „wolne kruszywo”,
- e) niewłaściwy dobór wypełnień szczelin, niedostosowany do warunków eksploatacyjnych.



Rys. 7.2.5.1. Widok uszkodzenia wypełnień w szczelinie



Rys. 7.2.5.2. Schemat uszkodzenia wypełnień w szczelinach

7.3. Pobocza o nawierzchni twardej

(1) Klasyfikację uszkodzeń poboczy o nawierzchni twardej (opasek zewnętrznych lub pasów awaryjnych) dla nawierzchni asfaltowych i betonowych przeprowadza się według zasad określonych dla tych nawierzchni.

7.4. Pobocza gruntowe

(1) Pobocza zmieniają swoje cechy w trakcie eksploatacji, w szczególności może dochodzić do ich deformacji. Wyróżnia się cztery rodzaje deformacji poboczy lub części poboczy o nawierzchni gruntowej (rys. 7.4.1):

- a) deformacje (zaniżone/zawyżone) powstałe wskutek ruchu pojazdów,
- b) deformacje (zaniżone/zawyżone) powstałe pod wpływem czynników przyrodniczych,
- c) deformacje zaniżone powstałe w wyniku błędów wykonawczych,
- d) deformacje zawyżone powstałe przez naturalny rozrost warstw gruntowych i roślinności.

(2) Przyczyny przewidywane:

- a) oddziaływanie obciążeń od ruchu, głównie samochodów ciężarowych,
- b) erozja gruntu i oddziaływanie wód opadowych odprowadzanych z nawierzchni jezdni lub części poboczy o nawierzchni twardej.

(3) Przyczyny nieplanowane:

- a) błędy wykonawcze (brak odpowiedniego wykonania i zagęszczenia, stabilizacji pobocza i dolnych warstw podłoża),
- b) błędy wykonawcze związane ze złym ukształtowaniem niwelety pobocza w stosunku do poziomu nawierzchni jezdni,
- c) brak wykonanych zabiegów utrzymaniowych, głównie ścinania i eliminacji roślinności oraz nagromadzonych niepożądanych zanieczyszczeń.

a) deformacje (zaniżone/zawyżone), powstałe wskutek ruchu pojazdów



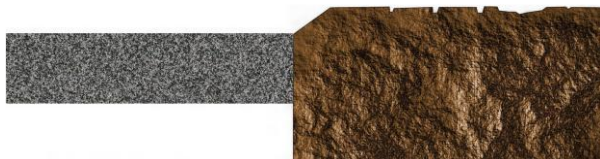
b) deformacje (zaniżone/zawyżone), powstałe pod wpływem czynników przyrodniczych



c) deformacje zaniżone, powstałe w wyniku błędów wykonawczych



d) deformacje zawyżone, powstałe przez naturalny rozrost warstw gruntowych i roślinności



Rys. 7.4.1. Podstawowe rodzaje uszkodzeń poboczy lub części poboczy o nawierzchni gruntowej