

Wytyczne diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich

Dział 6 Nośność (Podprojekt PP-U)

Historia dokumentu

Nazwa dokumentu	Wytyczne diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich, Dział 6 Nośność (Podprojekt PP-U)
Nazwa pliku	nośność_181010
Data utworzenia	15. marca 2018
Data ostatniej zmiany	10. października 2018

Wersja	Data	Opis zmian	Autor
1.0	10.10.2018	Opracowanie wersji 1.0	

Stopka redakcyjna

Wytyczne diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich (WDSN) zostały opracowane w ramach realizacji zadania „Dostosowanie wytycznych diagnostycznych stanu nawierzchni do potrzeb dróg wojewódzkich” (numer umowy: ZDW/2/ND/1/2018) na zlecenie następujących Zarządów Dróg:

1. Zarząd Dróg Wojewódzkich w Olsztynie
2. Zarząd Dróg Wojewódzkich w Gdańsku
3. Zachodniopomorski Zarząd Dróg Wojewódzkich w Koszalinie
4. Zarząd Dróg Wojewódzkich w Bydgoszczy
5. Wielkopolski Zarząd Dróg Wojewódzkich w Poznaniu
6. Podlaski Zarząd Dróg Wojewódzkich w Białymstoku

Podstawą do opracowania Wytycznych diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich była dokumentacja systemu Diagnostyka Stanu Nawierzchni opracowanego przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad.

Spis treści

1	Wprowadzenie	7
1.1	Odniesienia	8
2	Metodologia badań i technika pomiarowa	9
2.1	Pomiar punktowy (FWD)	10
2.2	Pomiar ciągły (TSD)	10
3	Prowadzenie pomiarów	12
3.1	Wymagania jakościowe	12
3.1.1	Pomiar punktowy (FWD)	12
3.1.2	Pomiar ciągły (TSD)	14
3.2	Wymagania jakościowe odnośnie fotorejestracji kontrolnej	15
3.2.1	Wymagania jakościowe odnośnie fotorejestracji kontrolnej w przypadku pomiaru punktowego (FWD)	15
3.2.2	Wymagania jakościowe odnośnie fotorejestracji kontrolnej w przypadku pomiaru ciągłego (TSD)	15
3.3	Oznaczenie danych ważnych i nieważnych	16
4	Zapewnienie jakości	17
4.1	Kontrola własna wykonawcy	17
4.1.1	Pomiar punktowy (FWD)	17
4.1.2	Pomiar ciągły (TSD)	17
4.2	Pomiary kontrolne wykonywane przez podmioty trzecie	17
4.2.1	Pomiar punktowy (FWD)	17
4.2.2	Pomiar ciągły (TSD)	17
4.3	Kontrola danych	18
4.4	Kontrola obmiaru prac	18
5	Procedury obliczania wielkości stanu	19
5.1	Ugięcie maksymalne	19
5.2	Wskaźnik krzywizny ugięcia	20
5.3	Grubość zastępcza wzmocnienia	20
5.3.1	Przygotowanie bazy danych pomiarowych	20
5.3.2	Wyznaczenie współczynnika korekty temperaturowej	22
5.3.3	Wyznaczenie ugięć wg metody belki Benkelmana	22
5.3.4	Wyznaczenie ugięcia obliczeniowego	22
5.3.5	Wyznaczenie zastępczej grubości wzmocnienia	23

6	Katalog typowych błędów popełnianych podczas pomiarów	24
6.1	Występowanie miejscowych ograniczeń	24
6.2	Pomiary wykonane w nieodpowiednich warunkach	29
6.3	Błędy w wykonaniu fotorejestracji kontrolnej	31

Spis załączników

ZAŁ1 Tablica pozwalająca na określenie grubości zastępczej wzmocnienia

1 Wprowadzenie

Nośność drogi określana jest jako liczba osi obliczeniowych jaką droga jest w stanie przenieść w trakcie swojej eksploatacji. Inaczej mówiąc jest to zdolność do przenoszenia obciążeń od ruchu drogowego.

Podstawowym wskaźnikiem nośności jest liczba standardowych osi obliczeniowych, które nawierzchnia może przenieść do utraty wymaganych dla prawidłowego funkcjonowania właściwości strukturalnych. Nośność można wartościować (dobra, zadowalająca, niezadowalająca, zła itp.) na podstawie liczby osi obliczeniowych, czasu jaki pozostał do momentu utraty nośności lub zastępczej grubości wzmocnienia HZ.

Parametrem bezpośrednio związanym z nośnością nawierzchni są przemieszczenia pionowe konstrukcji czyli ugięcia, rejestrowane pod znanym obciążeniem. Pomiar ugięć pozwala na wyznaczenie pozostałej trwałości, jak również na oszacowanie nośności nawierzchni.

Pomiary ugięć wykonuje się za pomocą ugięciomierzy. Badają one odpowiedź nawierzchni na obciążenie statyczne (np. płyta VSS), quasi-statyczne poprzez wolno poruszający się pojazd (np. Curviametro porusza się z prędkością do 20 km/h) lub dynamiczne (udarowe), gdzie ugięcie rejestrowane jest pod spadającym z ustalonej wysokości obciążeniem (*FWD – Falling Weight Deflectometer*). Bardziej adekwatną miarą nośności są obciążenia dynamiczne badające odpowiedź nawierzchni na obciążenie spowodowane przez pojazd poruszający się w ruchu drogowym (*TSD – Traffic Speed Deflectometer*).

W niniejszym dokumencie opisano metodologię badań nośności oraz przedstawiono najistotniejsze wymagania, jakie muszą być spełnione w trakcie pomiarów ugięć nawierzchni w zakresie gęstości pomiaru, dokładności poszczególnych odczytów, dopuszczalnych odchyłeń, itp.

1.1 Odniesienia

Odniesienie	Opis
[DOK1]	Katalog Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Pólsztynowych KPRNPP. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, 2013.
[DOK2]	Ocena nośności nawierzchni drogowych na drogach województwa śląskiego oraz łódzkiego z wykorzystaniem ugięciomierza laserowego TSD. Projekt badawczy. Instrukcja wykonywania pomiarów oraz przetwarzania wyników przy wykorzystaniu sprzętu TSD. HELLER Ingenieurgesellschaft mbH, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, 2013.
[DOK3]	Nośność konstrukcji nawierzchni wielowarstwowych w krajowych warunkach klimatycznych, Studia i Materiały: zeszyt 63, Graczyk M., IBDiM, Warszawa 2010.

2 Metodologia badań i technika pomiarowa

W Wytycznych ocenę nośności wykonuje się na podstawie pomiaru ugięć nawierzchni. Do pomiaru ugięć można stosować urządzenia typu FWD (pomiar punktowy) oraz typu TSD (pomiar ciągły). Wytyczne w zakresie pomiaru ugięć nie wymagają zachowania korelacji pomiędzy tymi dwoma metodami pomiarowymi. Zamawiający wskaże metodę wykonywania pomiarów.

Pomiary ugięć należy wykonywać za pomocą pojazdów poruszających się w normalnym ruchu lub powodujących zamknięcie pasa ruchu, nie dłuższe niż w przypadku robót szybko postępujących.

Pomiary urządzeniem typu FWD wykonuje się na środku pasa ruchu, natomiast pomiary urządzeniem typu TSD wykonuje się w śladzie prawego koła.

Jeżeli zamawiający nie zdecyduje inaczej, pomiary zarówno na drogach jedno- jak i dwujezdniowych muszą być wykonane na prawym zewnętrznym pasie ruchu w kierunku zgodnym z narastającym kilometrażem. W zależności od potrzeb zamawiający może zdecydować o zmianie zakresu pomiarów.

Pomiar ugięć wykonuje się na nawierzchniach asfaltowych.

Pomiar ugięć nawierzchni w Wytycznych jest opisywany przez **ugięcie maksymalne D_0** , **wskaźnik krzywizny ugięcia SCI_{300}** . Na podstawie wartości ugięć wyznacza się grubość zastępczą wzmocnienia HZ.

Wynikiem pomiaru na poziomie danych elementarnych dla pomiaru ugięcia jest cyfrowa reprezentacja ugięcia maksymalnego nawierzchni oraz wskaźnika krzywizny ugięcia bezpośrednio pomierzone za pomocą ugięciomierzy FWD bądź TSD oraz wyznaczone na ich podstawie wartości unormowane. Dodatkowo rejestruje się temperaturę powietrza oraz temperaturę w połowie grubości pakietu warstw asfaltowych¹. W danych elementarnych zapisuje się także średnicę płyty naciskowej (w przypadku pomiaru punktowego) oraz obciążenie pomiarowe.

Podczas pomiarów, lokalizacja danych pomiarowych odbywa się wyłącznie za pomocą przypisania wyników do **metra bieżącego pomiaru** oraz do **współrzędnych geograficznych** punktów określających tor przejazdu pojazdu pomiarowego.

Przypisanie pomiarów do lokalizacji geograficznych następuje poprzez zapisanie ich w plikach z geograficznymi danymi elementarnymi. W pliku z geograficznymi danymi elementarnymi są również informacje dodatkowe, takie jak:

- dane określające system pomiarowy,
- dane określające podmiot odpowiedzialny za produkcję systemu pomiarowego,
- przyporządkowanie pomiaru do kampanii pomiarowej,

¹ Temperaturę w połowie warstw asfaltowych można wyznaczyć korzystając z równań BELLS.

- czas i data wykonania pomiaru.

Format geograficznych danych elementarnych został opisany w Wytycznych, Dział 23.

W przypadku, kiedy łącznie z pomiarem ugięć nie jest wykonywana fotorejestracja korytarza drogi (podprojekt PP-F), w ramach ciągłego pomiaru ugięć wykonuje się fotorejestrację kontrolną z kamery frontowej, pozwalającą na obserwowanie drogi i warunków w trakcie wykonywania pomiaru (dokumentacja wykonania pomiaru). W ramach punktowego pomiaru ugięć nie wykonuje się fotorejestracji kontrolnej. Informacje o zdjęciach muszą zostać zapisane w pliku z geograficznymi danymi elementarnymi.

2.1 Pomiar punktowy (FWD)

W pomiarze punktowym rejestruje się ugięcia wywołane określonym obciążeniem spadającym z ustalonej wysokości. Przy użyciu tej metody bada się odpowiedź nawierzchni pod obciążeniem dynamicznym (udarowym).

Pomiar punktowy ugięć wykonywany jest za pomocą ugięciomierza dynamicznego FWD. Elementem aparatury pomiarowej FWD jest zestaw czujników (geofonów). Do przeprowadzenia oceny nośności jest wymagana rejestracja wielkości ugięcia w odległości 0 mm oraz 300 mm od punktu zrzutu obciążenia. Na podstawie odczytów wyznacza się ugięcie maksymalne D_0 i wskaźnik krzywizny ugięcia SCI_{300} .

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. Ugięcie standaryzowane to ugięcie nawierzchni, które zostało sprowadzone do warunków standardowych: nacisk 50 kN na powierzchnię kołowej o średnicy 300 mm przy temperaturze warstw asfaltowych wynoszącej 20°C.

2.2 Pomiar ciągły (TSD)

Pomiar ciągły ugięć nawierzchni wykonywany jest za pomocą ugięciomierza laserowego TSD. Metodą tą bada się odpowiedź nawierzchni na obciążenie wywołane przez pojazd poruszający się w ruchu drogowym.

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. Należy zastosować liczbę czujników zapewniającą jak najbardziej dokładną rejestrację czaszy ugięć, ale nie mniej niż siedem.

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.

Ugięcie standaryzowane to maksymalne ugięcie nawierzchni na podstawie pomiaru TSD przeliczone do równoważnych ugięć FWD według zależności określonych i udokumentowanych przez wykonawcę pomiarów.

3 Prowadzenie pomiarów

3.1 Wymagania jakościowe

Na potrzeby Wytycznych, w odniesieniu do pomiaru ugięć, ustala się następujące wymagania:

3.1.1 Pomiar punktowy (FWD)

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
Ugięcia	1. Gęstość pomiarów	[m]	100
	2. Dokładność pojedynczego odczytu ugięcia	[μm]	1
	3. Obciążenie pomiarowe	[kN]	45-55
	4. Nominalna średnica powierzchni nacisku	[m]	0,3
	5. Temperatura warstw asfaltowych	[°C]	5-25
	6. Dokładność lokalizacji współrzędnych geograficznych	[m]	≤ 1
	7. Odległość od osi obciążenia wymaganych odczytów	[mm]	0, 300
	8. Czas oddziaływania impulsu siły	[ms]	20-60

Rysunek 1: Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru punktowego ugięć

gdzie:

1. Gęstość pomiarów [m] – odległość między kolejnymi wielkościami ugięcia maksymalnego wzdłuż kierunku .
2. Dokładność pojedynczego odczytu ugięcia [μm] – najmniejsza różnica w ugięciu, jaką jest w stanie zarejestrować przyrząd pomiarowy. Dotyczy zarówno ugięcia maksymalnego, jak i czaszy ugięć.
3. Obciążenie pomiarowe [kN] – obciążenie wykorzystane do pomiaru ugięcia podczas pomiaru. Ugięcie zapisane w danych elementarnych musi być ustandaryzowane do obciążenia nominalnego 50kN za pomocą wzoru: $d = D * \frac{50}{F}$, gdzie D jest ugięciem zarejestrowanym, zaś F – zarejestrowanym obciążeniem w kN. Ugięcie pomierzone również zapisywane jest w danych elementarnych.
4. Nominalna średnica powierzchni nacisku [m] – średnica kołowej powierzchni, na jakiej podczas pomiaru przyłożone jest obciążenie.
5. Temperatura warstw asfaltowych T [$^{\circ}\text{C}$] – temperatura pakietu warstw asfaltowych mierzona w połowie ich grubości w miejscu pomiaru ugięcia. Jeśli łączna grubość warstw asfaltowych jest większa od 24 cm, temperaturę należy mierzyć na głębokości 12 cm. Temperaturę w połowie warstw asfaltowych można wyznaczyć korzystając z tzw. równań BELLS.
6. Dokładność odczytu współrzędnych geograficznych [m] – dokładność, z jaką określane są współrzędne geograficzne skojarzone ze zdjęciami pasa drogowego.
7. Odległość od osi obciążenia wymaganych odczytów [mm] - odległości czujników (geofonów) od osi obciążenia z których wymagany jest odczyt wielkości ugięcia.
8. Czas oddziaływania impulsu siły [ms] - czas trwania impulsu obciążenia generowanego na nawierzchni. Jednocześnie czas zapisu przebiegu obciążenia i ugięcia nie może być mniejszy niż czas trwania impulsu.

Ponadto:

9. Podczas pomiaru podłoże gruntowe nie może być zamarznięte, a powierzchnia jezdni musi być czysta i sucha. Dane zebrane na odcinkach dróg, na których występują lokalne, tymczasowe zabrudzenia, np. wyjazd z pola, z budowy, powinny zostać oznaczone przez wykonawcę pomiarów jako dane nieważne.
10. Pomiaru nie należy wykonywać w miejscach występowania lokalnych ograniczeń np. przejazdu kolejowe.
11. Pomiar musi zostać wykonany przy świetle dziennym.
12. Wykonawca pomiarów zobowiązany jest do zapewnienia bezpieczeństwa podczas wykonywania pomiarów. Urządzenie pomiarowe musi być odpowiednio oznakowane podczas wykonywania pomiaru. Oznakowanie pojazdu pozostaje w gestii wykonawcy pomiarów.

3.1.2 Pomiar ciągły (TSD)

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
Ugięcia	1. Gęstość pomiarów	[m]	1
	2. Dokładność pojedynczego odczytu ugięcia	[μm]	1
	3. Obciążenie pomiarowe	[kN]	100
	4. Temperatura warstw asfaltowych	[°C]	5-25
	5. Dokładność lokalizacji współrzędnych geograficznych	[m]	≤ 1
	6. Gęstość pomiarów współrzędnych geograficznych	[m]	10

Rysunek 2: Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru ciągłego ugięć

gdzie:

1. Gęstość pomiarów [m] – odległość między kolejnymi wartościami ugięcia maksymalnego wzdłuż kierunku przejazdu.
2. Dokładność pojedynczego odczytu ugięcia [μm] – najmniejsza różnica w ugięciu, jaką jest w stanie zarejestrować przyrząd pomiarowy. Dotyczy zarówno ugięcia maksymalnego, jak i czaszy ugięć.
3. Obciążenie pomiarowe [kN] – obciążenie osi naczepy TSD.
4. Temperatura warstw asfaltowych T [°C] – temperatura pakietu warstw asfaltowych mierzona w połowie ich grubości w miejscu pomiaru ugięcia. Jeśli łączna grubość warstw asfaltowych jest większa od 24 cm, temperaturę należy mierzyć na głębokości 12 cm. Temperaturę w połowie warstw asfaltowych można wyznaczyć korzystając z tzw. równań BELLS.
5. Dokładność odczytu współrzędnych geograficznych [m] – dokładność, z jaką określone są współrzędne GPS skojarzone ze zdjęciami pasa drogowego.
6. Gęstość pomiarów współrzędnych geograficznych [m] – odległość między kolejnymi pomiarami współrzędnych geograficznych.

Ponadto:

7. Podczas pomiaru podłoże gruntowe nie może być zamrożone, a powierzchnia jezdni musi być czysta i sucha. Dane zebrane na odcinkach dróg, na których występują

lokalne, tymczasowe zabrudzenia, np. wyjazd z pola, z budowy, powinny zostać oznaczone przez wykonawcę pomiarów jako dane nieważne.

8. Pomiar musi zostać wykonany przy świetle dziennym, aby możliwa była kontrola warunków wykonania pomiaru.
9. Zaleca się prowadzić pomiary z prędkością nie mniejszą niż 35 km/h i nie większą niż 80 km/h, optymalnie 60 km/h.
10. Wykonawca pomiarów zobowiązany jest do zapewnienia bezpieczeństwa podczas wykonywania pomiarów. Urządzenie pomiarowe musi być odpowiednio oznakowane podczas wykonywania pomiaru. Oznakowanie pojazdu pozostaje w gestii wykonawcy pomiarów.

3.2 Wymagania jakościowe odnośnie fotorejestracji kontrolnej

Fotorejestracja kontrolna musi spełniać poniższe wymagania:

3.2.1 Wymagania jakościowe odnośnie fotorejestracji kontrolnej w przypadku pomiaru punktowego (FWD)

Fotorejestracji kontrolnej nie wykonuje się w przypadku punktowego pomiaru ugięć.

3.2.2 Wymagania jakościowe odnośnie fotorejestracji kontrolnej w przypadku pomiaru ciągłego (TSD)

1. Fotorejestracja kontrolna ma być wykonana w kolorze, z kamery frontowej (widok do przodu). Zdjęcia należy wykonywać z krokiem 10 metrów.
2. Zakłada się, że widoczność na zdjęciu wynosi co najmniej 100 metrów. Należy mieć na uwadze, że jezdnia zajmuje około 2/3 zdjęcia.
3. Fotorejestracja kontrolna musi pokazywać miejsce wykonania pomiaru ugięcia, wynikające z lokalizacji danych pomiarowych za pomocą współrzędnych geograficznych punktów określających tor przejazdu pojazdu pomiarowego.
4. Podczas pomiaru należy zadbać, aby kamera wykonująca fotorejestrację kontrolną była czysta. Owady, pył, krople deszczu itd. nie mogą negatywnie wpływać na możliwość wykorzystania zdjęć do określenia warunków i miejsca wykonania pomiarów. Jakość zdjęcia należy kontrolować podczas jazdy i jeżeli jest to konieczne, przerwać pomiary i kontynuować je dopiero po oczyszczeniu kamery.
5. Ustawienia ekspozycji kamery muszą zostać tak dobrane, żeby nagłe zmiany oświetlenia, względnie bocznie padające światło słoneczne nie prowadziły do niedoświetlenia lub przeświecenia zdjęcia (zdjęcia nie mogą być przyćmione, zaciemnione, źle oddające barwy albo mocno zaszumione).
6. Rozmiar zdjęć z fotorejestracji kontrolnej ma wynosić 1280 x 720 px.
7. Zdjęcia z fotorejestracji kontrolnej muszą zostać zanonimizowane (uniemożliwienie rozpoznania twarzy osób oraz numerów rejestracyjnych pojazdów poprzez „zamazanie” fragmentu zdjęcia).

3.3 Oznaczenie danych ważnych i nieważnych

Wszelkie zdarzenia szczególne podczas wykonywania pomiarów muszą zostać udokumentowane i dołączone do danych pomiarowych w postaci flag ważności. Flagi ważności zapisuje się w plikach z danymi elementarnymi. Wyróżnia się następujące wartości flag ważności danych:

Flaga G	Znaczenie
0	Dane pomiarowe ważne bez ograniczenia
-99	Brak istniejących danych pomiarowych, z reguły z powodu brakującego przejazdu
-98	Dane nieważne z powodu miejscowych ograniczeń, np. zabrudzenie jezdni, przejazd kolejowy, omijanie parkujących samochodów, przejazd przez teren budowy, manewr wymijania
-96	Odcinek nieprzejezdny z powodu miejscowych ograniczeń, np. objazd, blokada, droga jednokierunkowa
-95	Odcinek diagnostyczny istnieje w tabeli wynikowej, ale jest nieprzejezdny, ponieważ fragment drogi nie istnieje lub jego przeznaczenie zostało zmienione (błąd w sieciowych danych podstawowych)
-92	Ocena stanu wykazała niedopuszczalne zapisy danych elementarnych, które były oznaczone poprzez G=0
-91	Dane pomiarowe zostały zadeklarowane przez wykonawcę pomiarów jako nieważne. Brak ważności danych wynika z przyczyn leżących po stronie wykonawcy pomiarów

Rysunek 3: Znaczenie flag ważności danych (Flagi G)

4 Zapewnienie jakości

Procesy związane z zapewnieniem jakości opisane zostały w Dziale 20. Znajdują się tam także wyjaśnienia znaczenia poszczególnych działań związanych z zapewnieniem jakości w trakcie przygotowań do pomiarów, podczas wykonywania prac pomiarowych oraz kontroli i weryfikacji zmierzonych danych.

W poniższym rozdziale podano wartości kontrolne parametrów stosowanych w tych procesach i uszczegółowiono wymagania pod kątem ich stosowania w pomiarach ugięć.

4.1 Kontrola własna wykonawcy

Procedura wykonywania kontroli własnej opisana jest w Dziale 20.

4.1.1 Pomiar punktowy (FWD)

W przypadku pomiarów ugięć zgodnie z metodą FWD (pomiar punktowy) nie wykonuje się kontroli własnej.

4.1.2 Pomiar ciągły (TSD)

Rezultat pomiaru kontroli własnej wykonawcy uważa się za zaakceptowany, gdy zachowane zostały tolerancje, widoczne na rysunku 4.

Parametr	r	σ_r
D_0 [μm]	10	70
SCI_{300} [μm]	10	70

Rysunek 4: Wartości tolerancji powtarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny powtarzalności pomiarów wykonawcy w ramach kontroli własnej w podprojekcie PP-U

4.2 Pomiary kontrolne wykonywane przez podmioty trzecie

Procedura wykonywania pomiarów kontrolnych opisana jest w Dziale 20.

4.2.1 Pomiar punktowy (FWD)

Pomiarów kontrolnych nie wykonuje się w przypadku punktowego pomiaru ugięć przy pomocy urządzenia FWD.

4.2.2 Pomiar ciągły (TSD)

Wynik pomiaru kontroli wykonywanej przez podmioty trzecie uważa się za zaakceptowany, gdy zachowane zostały tolerancje określone na rysunku 5.

Parametr	R	σ_R
D_0 [μm]	20	100
SCI_{300} [μm]	20	100

Rysunek 5: Wartości tolerancji odtwarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny wyników pomiarów w ramach kontroli zewnętrznej w podprojekcie PP-U

4.3 Kontrola danych

Kontrola danych w ramach terminu pośredniego i terminu końcowego realizowana jest zgodnie z Wytycznymi zawartymi w Dziale 20.

4.4 Kontrola obmiaru prac

Kontrola obmiaru prac dla celów fakturowania dokonywana jest przez zamawiającego lub wskazanego przez niego konsultanta. Kontrola obmiaru prac opisana jest w Dziale 20.

5 Procedury obliczania wielkości stanu

Podstawowymi parametrami opisującymi nośność są ustandaryzowane ugięcie maksymalne D_0 i ustandaryzowany wskaźnik krzywizny ugięcia SCI_{300} (równoważne ugięciu oraz wskaźnikowi krzywizny ugięcia otrzymanymi z urządzenia FWD). W Wytycznych ustandaryzowane ugięcie maksymalne określone jest jako ugięcie maksymalne, a ustandaryzowany wskaźnik krzywizny ugięcia jako współczynnik krzywizny ugięcia.

Dodatkowo, dla odcinków jednorodnych wyznacza się grubość zastępczą wzmocnienia HZ.

Rysunek 6 przedstawia zestawienie parametrów nośności.

Cecha	Parametr	Jednostka	Skrót	Wielkość	Wartość
Nośność	ugięcie maksymalne	μm	D0	X	X
	wskaźnik krzywizny ugięcia	μm	SCI300	X	X
	grubość zastępcza wzmocnienia	cm	HZ	X	X

Rysunek 6: Parametry nośności

5.1 Ugięcie maksymalne

Poniżej opisany jest sposób wyznaczenia ugięcia maksymalnego D_{0FWD} dla danego odcinka diagnostycznego. D_{300FWD} wyznacza się analogicznie, dla ugięcia zarejestrowanego w odległości 300 mm od punktu zrzutu obciążenia.

Za wielkość ugięcia maksymalnego dla odcinka diagnostycznego przyjmuje się wartość ustandaryzowaną ugięcia maksymalnego w obrębie danego odcinka diagnostycznego zapisaną w danych elementarnych (wartość ustandaryzowana D_{0FWD} równoważna ugięciu otrzymanemu z aparatu FWD dla rekordu, dla którego odległość od ostatnio wykonanego pomiaru wynosi zero). W przypadku, gdy na dany odcinek diagnostyczny przypadły dwa pomiary lub więcej (pomiar ciągły), przyjmuje się ich średnią.

W przypadku, gdy na dany odcinek diagnostyczny nie przypadł żaden pomiar, przyjmuje się najbliższy pomiar wykonany przed tym odcinkiem lub średnią z pomiarów wykonanych przed tym odcinkiem, o ile został wykonany nie dalej niż 25 metrów przed początkiem odcinka (patrząc w kierunku przejazdu). W danych elementarnych oznacza to wartość zapisaną

w metrowym rekordzie razem z odległością od ostatnio wykonanego pomiaru nie większą niż 25 metrów.

5.2 Wskaźnik krzywizny ugięcia

Na podstawie otrzymanych w ten sposób D_{0FWD} i D_{300FWD} obliczane jest SCI_{300FWD} dla odcinka diagnostycznego, wedle wzoru:

$$SCI_{300FWD} = D_{0FWD} - D_{300FWD}$$

5.3 Grubość zastępcza wzmocnienia

W celu wyznaczenia wymaganej grubości zastępczej wzmocnienia opracowano następujący algorytm postępowania [DOK2]:

1. Przygotowanie bazy danych pomiarowych.
2. Wyznaczenie korekty temperaturowej.
3. Wyznaczenie ugięć wg metody belki Benkelmana.
4. Wyznaczenie ugięcia obliczeniowego.
5. Wyznaczenie zastępczej grubości wzmocnienia.

5.3.1 Przygotowanie bazy danych pomiarowych

Do określenia grubości zastępczej wzmocnienia konieczne jest zebranie zestawu danych pomiarowych, przyporządkowanych do sieci drogowej, wraz z informacjami o warunkach pomiaru (temperatury), rodzaju konstrukcji nawierzchni i obciążenia ruchem. Zestawione dane obejmują:

1. Wartość maksymalnego ugięcia ustandaryzowanego w punkcie obciążenia D_{0FWD} ,
2. Lokalizację pomiaru w dowiązaniu do istniejącego systemu referencyjnego,
3. Datę wykonania pomiaru,
4. Temperaturę warstw asfaltowych,
5. Wartość współczynnika sezonowości f_s [DOK3],

Dane	Miesiąc	Wartość
Wartość współczynnika sezonowości f_s	marzec	1,00
	kwiecień	1,04
	maj	1,08
	czerwiec	1,12
	lipiec	1,15
	sierpień	1,17
	wrzesień	1,20
	październik	1,22
	listopad	1,25
	grudzień	1,28

Rysunek 7: Wartość współczynnika sezonowości f_s

6. Wartość współczynnika podbudowy f_P ([DOK1]),

Dane	Typ nawierzchni	Wartość
Wartość współczynnika podbudowy f_P	nawierzchnia podatna	1,00
	nawierzchnie z podbudową z kruszywa lub gruntu stabilizowanego cementem	od 1,00 do 1,10
	nawierzchnie z podbudową z chudego betonu	od 1,00 do 1,20
	nawierzchnie z podbudową z betonu cementowego:	od 1,2 do 1,4

Rysunek 8: Wartość współczynnika podbudowy f_P

7. Wartość współczynnika przeliczającego ugięcia FWD na ugięcia mierzone belką Benkelmana f_{BB} [DOK3],

Dane	Typ nawierzchni	Wartość
Wartość współczynnika przeliczającego ugięcia FWD na ugięcia mierzone belką Benkelmana f_{BB}	nawierzchnia podatna	1,24
	nawierzchnia półsztywna	1,31

Rysunek 9: Wartość współczynnika przeliczającego ugięcia FWD na ugięcia mierzone belką Benkelmana f_{BB}

8. Ruch całkowity $N_{całk}$ – prognozowane obciążenie nawierzchni ruchem pojazdów ciężkich wyrażone liczbą (mln.) osi obliczeniowych 100 kN w okresie projektowym 30 lat.

5.3.2 Wyznaczenie współczynnika korekty temperaturowej

Aby możliwe było porównywanie wyników pomiarów ugięć (uzyskanych z pomiaru FWD lub TSD) wykonanych w różnych warunkach temperaturowych wprowadza się współczynnik korekcyjny, umożliwiający przeliczenie ugięć zarejestrowanych w temperaturze pomiaru do równoważnych im ugięć występujących w temperaturze 20°C. Dla każdego pomiaru współczynnik temperaturowy f_T obliczany jest wg wzoru [DOK1]:

$$f_T = 1 + 0,02 (20 - T)$$

gdzie T jest wartością temperatury warstw asfaltowych, mierzoną w połowie ich grubości.

5.3.3 Wyznaczenie ugięć wg metody belki Benkelmana

W celu wyznaczenia ugięć uzyskiwanych metodą belki Benkelmana D_{BB} należy zastosować zależność:

$$D_{BB} = f_T \cdot f_s \cdot f_p \cdot f_{BB} \cdot D_{0FWD}$$

gdzie:

f_T – wartość współczynnika temperaturowego. Jeżeli korekta temperaturowa wykonana została w procesie standaryzacji wartość współczynnika temperaturowego należy przyjąć $f_T = 1$,

f_s - wartość współczynnika sezonowości,

f_p - wartość współczynnika podbudowy,

f_{BB} - wartość współczynnika przeliczającego ugięcia FWD na ugięcia mierzone belką Benkelmana,

D_{0FWD} - wartość ugięcia ustandaryzowanego (po korekcie obciążeniowej) uzyskanego aparatem FWD lub wartość ugięcia ustandaryzowanego uzyskanego aparatem TSD przeliczonego na równoważne ugięcie FWD.

5.3.4 Wyznaczenie ugięcia obliczeniowego

Ugięcie obliczeniowe jest to ugięcie sprężyste nawierzchni przyjęte do projektowania grubości nakładki na danym odcinku jednorodnym drogi. Do wyznaczenia ugięcia obliczeniowego konieczne jest więc ustalenie jednorodnych odcinków konstrukcji nawierzchni. W przypadku badań FWD powszechnie stosuje się metodę sum skumulowanych, która pozwala na obserwację zmiany trendu ugięć i wyznaczenie odcinków jednorodnych. Ze względu na długi krok pomiarowy FWD (100 m) odcinki jednorodne przyjmują zwykle długości od kilkuset metrów do kilku kilometrów. W odniesieniu do TSD elementarne dane pomiarowe stanowią ugięcia na odcinku długości 1 m. Wysoka rozdzielczość danych daje możliwość szczegółowej oceny nawierzchni już na poziomie odcinka diagnostycznego. Dlatego wyznacza się stałą długość odcinka jednorodnego 100 m, co jest spójne z innymi parametrami nawierzchni w stosowanym Wytycznych.

Dla każdego odcinka jednorodnego (odcinka diagnostycznego 100 m) wyznacza się ugięcie obliczeniowe D_{obl} wg wzoru:

$$D_{obl} = D_{BBsr} + 2S_{BBu}$$

gdzie:

D_{BBsr} – średnia ugięć D_{BB} dla odcinka jednorodnego,

S_{BBu} – odchylenie standardowe ugięć D_{BB} na odcinku jednorodnym,

5.3.5 Wyznaczenie zastępczej grubości wzmocnienia

Zastępcza grubość wzmocnienia HZ jest to grubość w przeliczeniu na tłuczę standardowy. Do jej wyznaczenia Instytut Badawczy Dróg i Mostów na podstawie [DOK1] opracował tabelę, w której bazując na zależności ugięcia obliczeniowego D_{obl} i ruchu całkowitego N_{calc} wyznaczana jest wymagana zastępcza grubość wzmocnienia [ZAŁ1]. Zasada korzystania z tabeli do wyznaczania grubości zastępczej przedstawiona została na rysunku 10.

Ugięcie obliczeniowe [mm]																		
Ruch całkowity [równoważne osie obciążeniowe 100kN/pas [*10 ⁶]	_1	_0	_0,05	_0,1	_0,15	_0,2	<u>0,25</u>	_0,3	_0,35	_0,4	_0,45	_0,5	_0,55	_0,6	_0,65	_0,7	_0,75	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<u>1</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	10	

Rysunek 10: Schemat wyznaczania HZ

6 Katalog typowych błędów popełnianych podczas pomiarów

W niniejszym rozdziale przedstawiono typowe błędy, które mogą wystąpić podczas wykonywania pomiarów oraz podano sposób prawidłowej reakcji jednostki wykonującej pomiary w sytuacji stwierdzenia błędu.

Niniejszy rozdział ma charakter informacyjny, a podane przykłady służą jedynie celom ilustracyjnym. Wybrane przykłady odzwierciedlają najczęściej spotykane błędy i nie są one katalogiem zamkniętym.

6.1 Występowanie miejscowych ograniczeń

Opis problemu:

Wykonanie pomiarów ugięć na odcinkach, gdzie występują różnego rodzaju ograniczenia, skutkuje błędnymi danymi. Parametry nośności na odcinku występowania danego ograniczenia osiągną zawyżone lub zaniżone wartości, co będzie miało wpływ na średnią wartość danego parametru na całej drodze. Do najczęściej występujących miejscowych ograniczeń należą: przejazdy przez tory kolejowe, manewry wyprzedzania, pomiary na mokrej lub zabrudzonej nawierzchni, pomiary na nawierzchniach nieutwardzonych lub wykonanych z kostki brukowej oraz pomiary na odcinkach będących w remoncie.

Rozwiązanie:

W sytuacji przejazdu pojazdem pomiarowym przez obszar objęty ograniczeniami, które mogą wpłynąć negatywnie na wyniki pomiaru należy na odcinku występowania danego ograniczenia zastosować flagę ważności danych $G=-98$ (dane nieważne z powodu miejscowych ograniczeń).

Przykłady:

Poniższe przykłady obrazują najczęstsze ograniczenia miejscowe występujące podczas realizacji pomiarów:



Przykład 1: Przejazd przez tory kolejowe (dotyczy pomiaru ciągłego)



Przykład 2: Przejazd przez tory kolejowe (dotyczy pomiaru ciągłego)



Przykład 3: Torowisko w jezdni (dotyczy pomiaru ciągłego)



Przykład 4: Manewr omijania pojazdu stojącego na poboczu (dotyczy pomiaru ciągłego)



Przykład 5: Manewr wyprzedzania pojazdu (dotyczy pomiaru ciągłego)



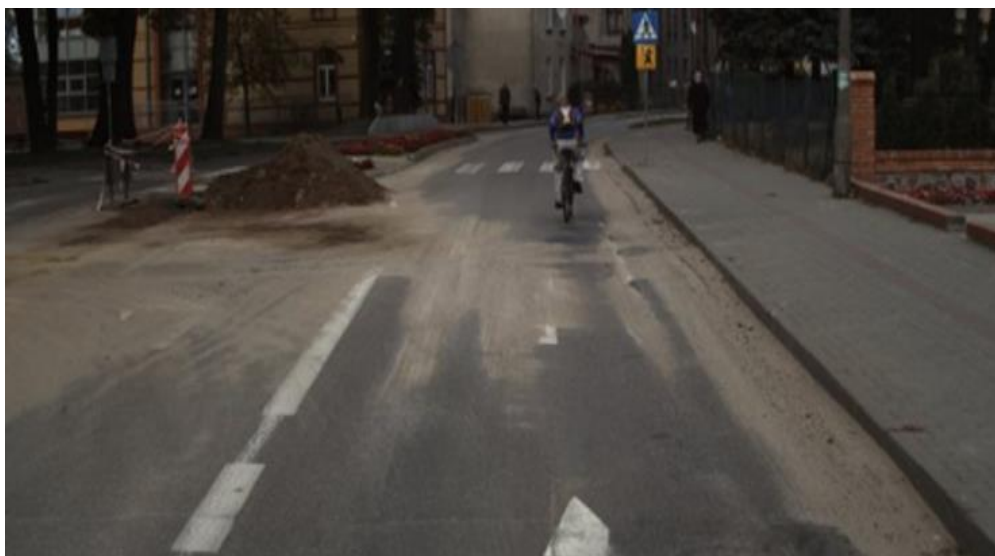
Przykład 6: Manewr wyprzedzania pojazdu (dotyczy pomiaru ciągłego)



Przykład 7: Manewr wyprzedzania rowerzysty (dotyczy pomiaru ciągłego)



Przykład 8: Nawierzchnia z kostki brukowej



Przykład 9: Zabrudzenie nawierzchni (kruszywo, piasek)

6.2 Pomiary wykonane w nieodpowiednich warunkach

Opis problemu:

W rozdziale 3.1 zostały określone warunki, w których powinien być wykonany pomiar.

Rozwiązanie:

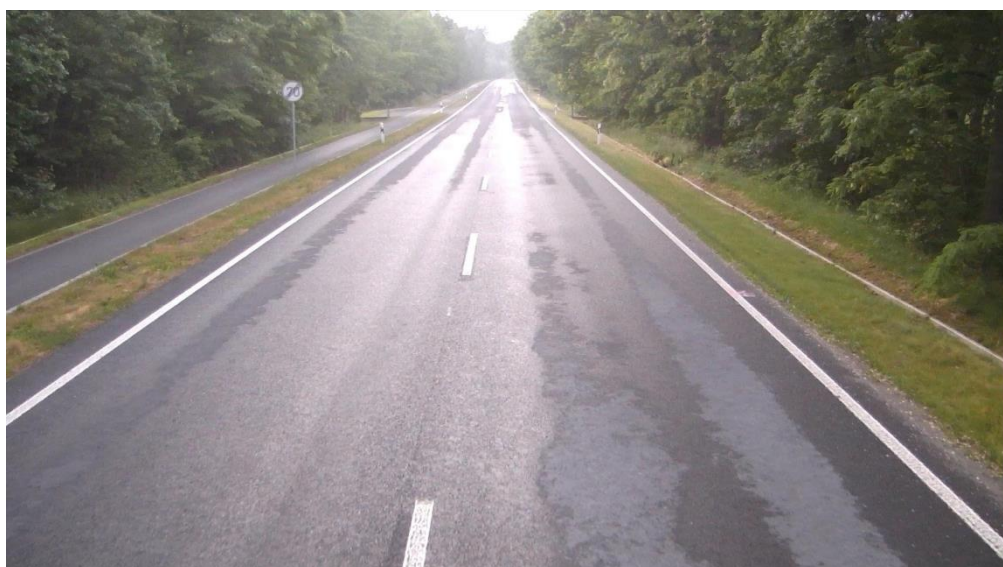
Jeżeli warunki, w których wykonano pomiar nie odpowiadają warunkom wykonania pomiaru określonych w Wytycznych to wykonawca pomiaru powinien oznaczyć dane pomiarowe zebrane w nieodpowiednich warunkach jako dane nieważne i powtórzyć pomiar.

Przykłady:

Poniższe przykłady obrazują najczęstsze błędy podczas realizacji pomiarów:



Przykład 10: Pomiar podczas deszczu



Przykład 11: Pomiar podczas deszczu



Przykład 12: Pomiar na mokrej nawierzchni



Przykład 13: Pomiar wykonany w nocy

6.3 Błędy w wykonaniu fotorejestracji kontrolnej

Opis problemu:

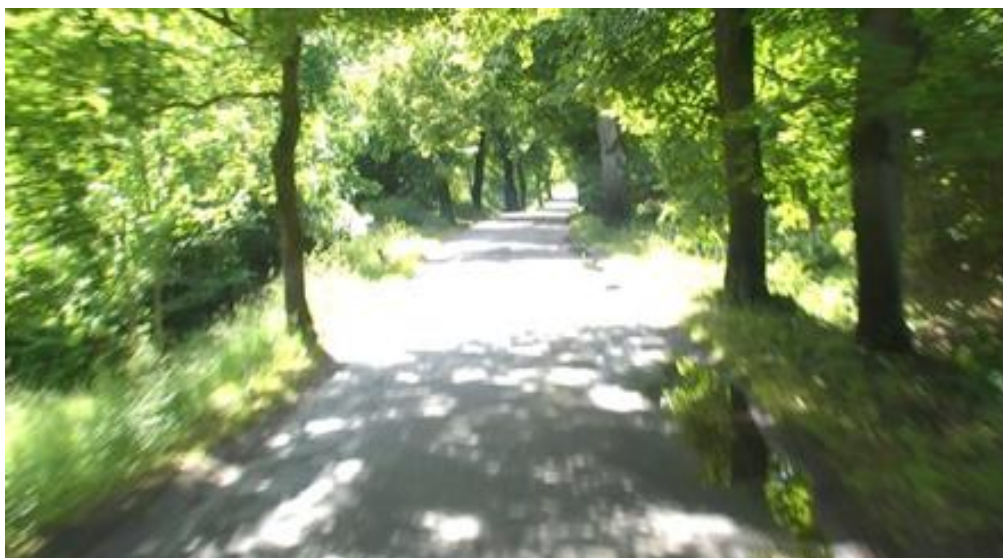
Jeżeli fotorejestracja kontrolna nie spełnia wymagań określonych w rozdziale 3.2, wykonawca pomiarów zobowiązany jest do podjęcia stosownych kroków w celu spełnienia narzuconych wymagań.

Rozwiązanie:

Jeżeli dokumentacja fotograficzna nie pozwala jednoznacznie stwierdzić, czy warunki wykonania pomiaru zostały spełnione, wyniki pomiarów należy oznaczyć jako nieważne i wykonać pomiar ponownie na danym odcinku.

Przykłady:

Poniższe przykłady obrazują najczęstsze błędy podczas wykonywania pomiarów:



Przykład 14: Zdjęcie frontowe złej jakości



Przykład 15: Zdjęcie frontowe złej jakości

Spis rysunków

Rysunek 1: Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru punktowego ugięć	12
Rysunek 2: Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru ciągłego ugięć	14
Rysunek 3: Znaczenie flag ważności danych (Flagi G).....	16
Rysunek 4: Wartości tolerancji powtarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny powtarzalności pomiarów wykonawcy w ramach kontroli własnej w podprojekcie PP-U.....	17
Rysunek 5: Wartości tolerancji odtwarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny wyników pomiarów w ramach kontroli zewnętrznej w podprojekcie PP-U	18
Rysunek 6: Parametry nośności	19
Rysunek 7: Wartość współczynnika sezonowości f_s	20
Rysunek 8: Wartość współczynnika podbudowy f_p	21
Rysunek 9: Wartość współczynnika przeliczającego ugięcia FWD na ugięcia mierzone belką Benkelmana f_{BB}	21
Rysunek 10: Schemat wyznaczania HZ.....	23