

**INSTRUKCJA LABORATORYJNEGO BADANIA  
SCZEPNOŚCI MIĘDZYWARSTWOWEJ WARSTW  
ASFALTOWYCH WG METODY LEUTNERA  
I  
WYMAGANIA TECHNICZNE SCZEPNOŚCI**

*Wersja z dnia 31.08.2014*

**Gdańsk, 2014**

Opracowano w:  
**Katedrze Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej**

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska  
80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11  
tel.: 58 3471347, fax: 58 3471097  
[sekretariat.kid@wilis.pg.gda.pl](mailto:sekretariat.kid@wilis.pg.gda.pl)

Opracował:  
dr inż. Piotr Jaskuła

Opracowano na zlecenie:  
**Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad**  
00-874 Warszawa, ul. Wronia 53

# INSTRUKCJA LABORATORYJNEGO BADANIA SZCZEPNOŚCI MIĘDZYWARSTWOWEJ WARSTW ASFALTOWYCH WG METODY LEUTNERA I WYMAGANIA TECHNICZNE SZCZEPNOŚCI

## SPIS TREŚCI

<b>1. WIADOMOŚCI OGÓLNE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. OKREŚLENIA.....</b>	<b>4</b>
2.1. BADANIE BEZPOŚREDNIEGO ŚCINANIA .....	4
2.2. SIŁA ŚCINAJĄCA .....	4
2.3. PRZEMIESZCZENIE ŚCINANIA .....	5
2.4. PŁASZCZYZNA ŚCINANIA.....	5
2.5. MAKSYMALNE NAPRĘŻENIE ŚCINAJĄCE .....	5
<b>3. POBIERANIE PRÓBEK .....</b>	<b>5</b>
3.1. ZASADY POBIERANIA PRÓBEK.....	5
3.2. WIERTNICA.....	5
3.3. KORONKA WIERTNICZA.....	5
3.5. WYJMOWANIE I ZNAKOWANIE RDZENIA ODWIERTU .....	7
3.6. TRANSPORT I SKŁADOWANIE RDZENI WIERTNICZYCH .....	7
3.7. ILOŚĆ PRÓBEK.....	7
<b>4. WYKONANIE BADANIA .....</b>	<b>7</b>
4.1. SPRZĘT .....	7
4.2. PRÓBKI .....	8
4.3. WŁAŚCIWOŚCI ZEWNĘTRZNE .....	9
4.4. PODSTAWOWE WYMAGANIA W ODNIESIENIU DO PRÓBEK.....	9
4.5. PRZEPROWADZANIE BADANIA .....	9
4.6. INTERPRETACJA WYNIKÓW .....	10
4.7. PRZESTAWIENIE WYNIKÓW I RAPORTU Z BADANIA.....	11
<b>5. KRYTERIA SZCZEPNOŚCI MIĘDZYWARSTWOWEJ .....</b>	<b>12</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>12</b>

# INSTRUKCJA LABORATORYJNEGO BADANIA SCZEPNOŚCI MIĘDZYWARSTWOWEJ WARSTW ASFALTOWYCH WG METODY LEUTNERA

## I

### WYMAGA TECHNICZNE SCZEPNOŚCI

#### 1. Wiadomości ogólne

Do oceny szczepności międzywarstwowej (powiązania warstw) warstw asfaltowych służy badanie bezpośredniego ścinania, przeprowadzane w aparacie ścinającym na próbkach cylindrycznych o średnicy 150 mm w temperaturze +20°C. W badaniu wykorzystuje się próbki odwiercone z nawierzchni lub przygotowane w laboratorium w przypadku badań poznawczych. Dopuszcza się wykonywanie badania na rdzeniach wiertniczych o średnicy 100 mm za zgodą Inżyniera. W przypadkach wątpliwych reprezentatywny wymiar średnicy próbki wynosi 150 mm. Podstawą badania jest bezpośrednie ścięcie stykających się warstw ze stałym, wynoszącym 50 mm/min przyrostem przemieszczenia w płaszczyźnie połączenia międzywarstwowego i określenie maksymalnego naprężenia ścinającego. Podczas badania monitorowana jest siła ścinająca w zależności od przemieszczenia ścinania. Sposób pobrania próbki z nawierzchni nie powinien wpływać na powiązanie pomiędzy poszczególnymi warstwami.

Maksymalna siła ścinająca oznacza stan ścięcia, przy którym powiązanie pomiędzy obydwojema warstwami ulega zniszczeniu. Grubość ścinanej warstwy (warstwy górnej, odcinanej) ze względu na warunki techniczne musi wynosić, co najmniej 30 mm. Maksymalna siła ścinająca i przemieszczenie ścinania są uzależnione od parametrów wpływających na zazębienie warstw (tj. tekstura powierzchni, głębokość zagłębień, wymiar maksymalnego ziarna, zawartość wolnych przestrzeni, wskaźnik zagęszczenia, stan powierzchni warstwy dolnej), oraz sklejenia warstw (tj. adhezja, kohezja, objętość mastyksu, rodzaj i ilość skropienia, stan powierzchni warstwy dolnej). W oparciu o współzależność przy ocenie stopnia powiązania warstw, muszą być uwzględnione zarówno siła ścinająca, jak i przemieszczenie ścinania.

#### 2. Określenia

##### 2.1. Badanie bezpośredniego ścinania

Podczas badania bezpośredniego ścinania ważny jest bezpośredni, wolny od momentów zginających przebieg ścinania w płaszczyźnie ścinania (granica warstw), na rdzeniach wiertniczych o średnicy 150 mm lub 100 mm z zastrzeżeniem w pkt. 1, przy zachowaniu warunków badania podanych w niniejszej instrukcji badania.

##### 2.2. Siła ścinająca

Siła ścinająca  $F_{max}$  jest to maksymalna siła, którą określa się w badaniu bezpośredniego ścinania, występująca w płaszczyźnie ścinania (granica sąsiednich warstw).

### 2.3. Przemieszczenie ścinania

Przemieszczenie ścinania  $S$  jest to korygowane przesunięcie szczęk ścinających mierzone w kierunku obciążenia przy osiągnięciu siły ścinającej  $F_{\max}$ . Korekta przemieszczenia wymagana jest niekiedy ze względu na początkowe dopasowanie się szczęk ścinających.

### 2.4. Płaszczyzna ścinania

Płaszczyzna ścinania jest to płaszczyna oddzielająca warstwy, w której przeprowadzane jest bezpośrednie ścinanie. Powinna ona być tożsama z powierzchnią graniczną pomiędzy dwiema sąsiednimi warstwami próbki walcowej odwierconej z nawierzchni lub zagęszczonej w formie.

### 2.5. Maksymalne naprężenie ścinające

Maksymalne naprężenie ścinające jest to maksymalna wartość naprężenia ścinającego, wyznaczonego jako iloraz maksymalnej siły ścinającej  $F_{\max}$  i pola przekroju  $A$  próbki wyznaczonego przed badaniem ścinania.

## 3. Pobieranie próbek

### 3.1. Zasady pobierania próbek

Rdzenie wiertnicze do badań szczepności międzywarstwowej należy pobrać w ramach badań kontrolnych, możliwie przed oddaniem nowej drogi do ruchu.

Odwiert powinien być tak przeprowadzony, aby rdzeń uzyskany był bez uszkodzeń, z gładką pobocznicą bez rowków na powierzchni, prostopadle do górnej powierzchni drogi.

W celu identyfikacji położenia i pozycji na rdzeniu wiertniczym należy przed przystąpieniem do odwiertu nanieść niezbędne oznakowania (np. strzałki w kierunku ruchu).

### 3.2. Wiertnica

Wiertnica do wykonania odwiertu musi posiadać stabilny, odporny na skręcanie mechanizm do precyzyjnego opuszczania i przesuwania koronki wiertniczej. Ciężar własny wiertnicy musi być na tyle duży, aby podczas wykonywania odwiertu mógł służyć jako opór, a tym samym wykluczać wibracje, przemieszczenia lub przesunięcia.

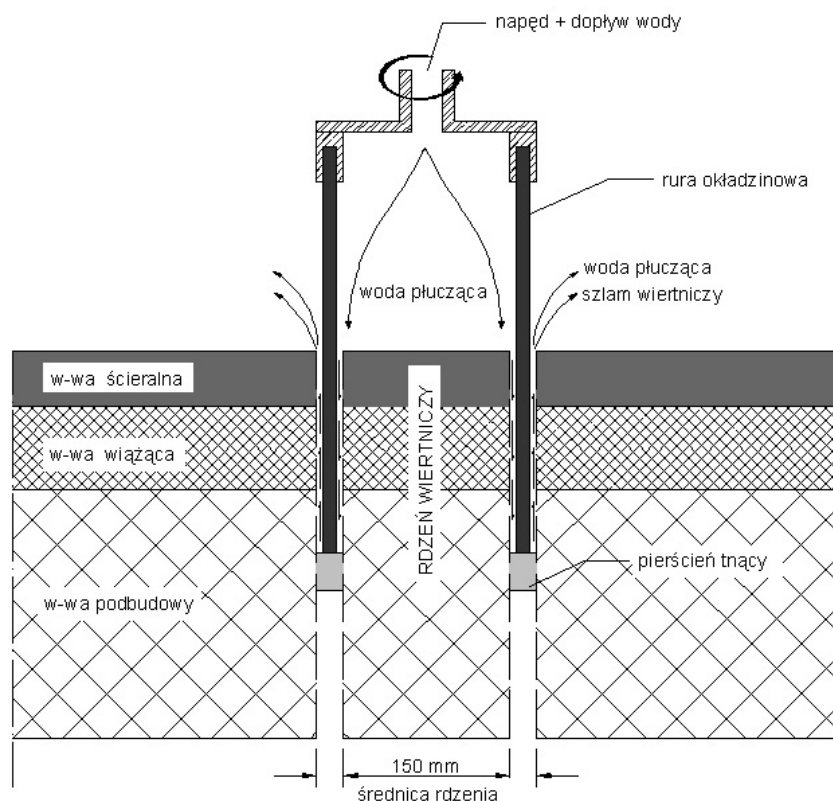
Podczas wykonywania odwiertu należy odpowiednio dobrać i ustalić liczbę obrotów silnika, ilość dodawanej wody oraz prędkość przesuwu wiertła w głąb tak, aby było zapewnione prawidłowe cięcie rdzenia.

### 3.3 Koronka wiertnicza

Koronka wiertnicza (o średnicy wewnętrznej 150 mm lub 100 mm z zastrzeżeniem w pkt. 1) składa się z pierścienia tnącego ze specjalnego stopu stali i piasku diamentowego oraz kanałów (przerw) do prowadzenia wody płuczącej, jak również z rury okładzinowej, której długość musi być dobrana odpowiednio do głębokości przewidywanego odwiertu.

### 3.4. Wiadomości podstawowe o przebiegu procesu odwiertu

Rys. 1 przedstawia ideowy szkic przebiegu odwiertu w nawierzchni.



Rys. 1: Ideowy szkic dla opisu przebiegu odwiertu

Średnica rdzenia odwiertu odpowiada wewnętrznej średnicy pierścienia tnącego, o wewnętrznej średnicy 150 mm lub 100 mm z zastrzeżeniem w pkt. 1. Na skutek zużycia pierścienia tnącego powiększa się automatycznie wewnętrzna średnica pierścienia tnącego i odpowiednio do stopnia zużycia uzyskuje się większe średnice rdzenia wiercnicy. Równocześnie zmniejsza się przy tym tzw. wcięcie. Od określonego stanu zużycia wcięcie staje się tak małe, że utrudniony jest odpływ wody płuczącej, a tym samym proces odwiertu musi być przerwany, ponieważ swobodne płukanie rdzenia odwiertu oraz transport szlamu wiercnicy jest utrudniony, co może prowadzić do uszkodzenia rdzenia.

W przypadku, gdy ziarna lub elementy rdzenia ulegną trwałemu zaklinowaniu wewnątrz koronki wiercnicy należy je wyjąć po zdemontowaniu koronki. Rdzenie te nie mogą być już wykorzystywane do badania szczepności międzywarstwowej. Zaobserwowano, że wielokrotne delikatne uderzenia lub pukania w wysoko uniesioną koronkę rdzeniową, w niektórych przypadkach oszczędza demontaż koronki rdzeniowej. Jednak zbyt silne uderzenia (np. przy użyciu stalowego młotka) prowadzą do miejscowego zmniejszenia wewnętrznej średnicy rury wiercnicy tak, że możliwe staje się zaklinowanie rdzenia w koronce.

Koronkę wiercniczą należy wymienić, gdy występują następujące efekty:

- klinowanie się materiału: odłamane części lub pojedyncze ziarna kruszywa rdzenia pomiędzy rurą a pobocznicą rdzenia odwiertu. Występuje wzrost tarcia, a rdzeń poddany jest bardzo dużym, niepożądanym momentom skręcającym;

- nierówne powierzchnie płaszcza rdzenia odwiertu;
- problemy przy wyjmowaniu rdzenia z nawierzchni przy pomocy kleszczy chwytnych na skutek zbyt wąskiego wcięcia pomiędzy rdzeniem a nawierzchnią.

### **3.5. Wyjmowanie i znakowanie rdzenia odwiertu**

Po zakończeniu czynności wiertniczych należy wyjąć rdzeń przy pomocy kleszczy chwytnych. Szczęki kleszczy muszą obejmować rdzeń możliwie głęboko, przylegając w pełni ze wszystkich stron, ale tak, aby nie uszkodzić rdzenia. Delikatne wyżłobienia w szczękach kleszczy, podnoszą ich przyczepność przy obejmowaniu rdzeni odwiertów.

Odłamywanie rdzenia nie odwierconego na całej głębokości (przy użyciu śrubokręta lub podobnego narzędzia) jest niewskazane, gdyż może osłabiać połączenia międzywarstwowe.

W przypadku, gdy podczas wyjmowania rdzenia brak jest powiązania, to znaczy poszczególne warstwy muszą być wyjmowane oddzielnie, należy fakt ten zaznaczyć w protokole pobrania próbek z podaniem poszczególnych warstw oraz ich kolejności i położenia.

Wszystkie rdzenie, a przy braku powiązania warstw również poszczególne warstwy należy jednoznacznie oznakować.

### **3.6. Transport i składowanie rdzeni wiertniczych**

Po wyjęciu z nawierzchni rdzenie powinny być chronione przed wysoką temperaturą i przetransportowane niezwłocznie do laboratorium w sposób zapobiegający ich deformacji.

Podczas transportu należy unikać dodatkowych uszkodzeń, zgnieceń, odłamań.

Rdzenie należy transportować w pozycji leżącej, zabezpieczone przed przewracaniem i uderzeniami lub w pozycji stojącej, górną powierzchnią skierowaną ku dołowi, na płaskiej powierzchni.

Do chwili badania rdzenie należy przechowywać w zamkniętych pomieszczeniach, w temperaturze pokojowej, w pozycji leżącej bez wzajemnego dotykania się.

### **3.7. Ilość próbek**

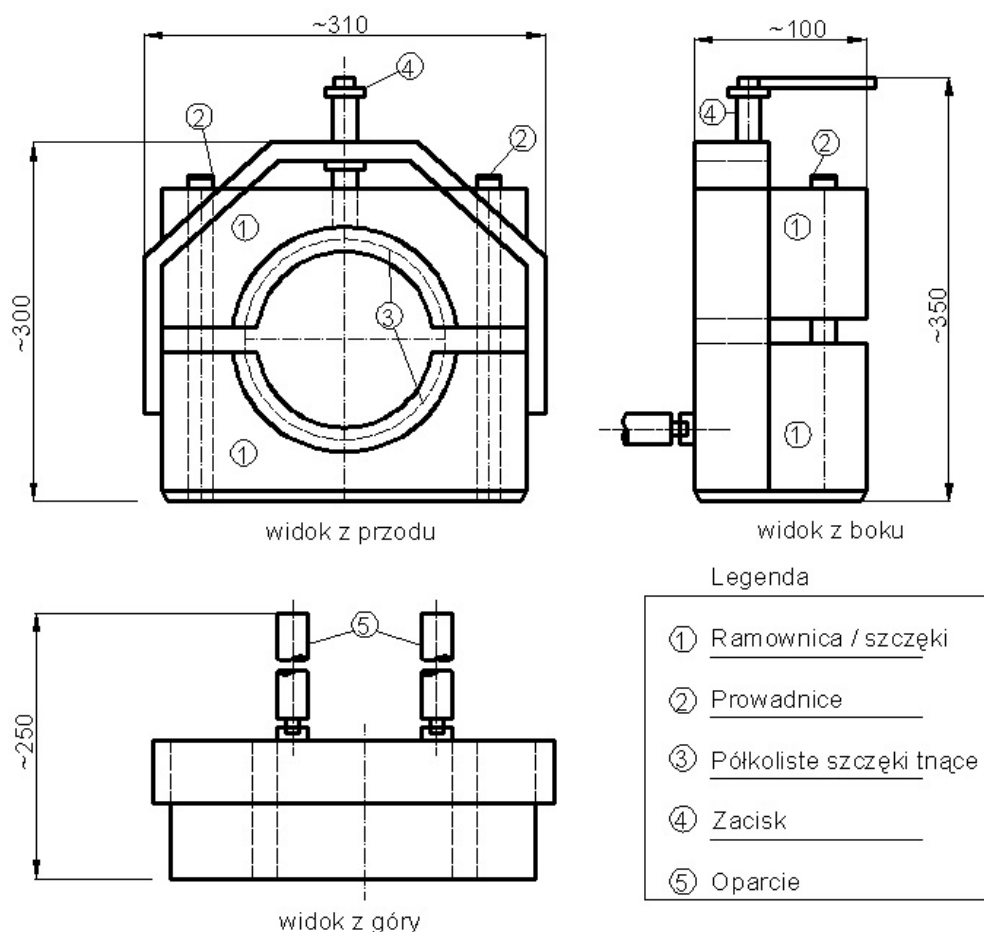
Z każdego miejsca odwiertu należy pobrać dwa rdzenie oddalone od siebie <1 m.

## **4. Wykonanie badania**

### **4.1. Sprzęt**

- suwmiarka o zakresie pomiaru i odczytu, minimum 160 mm,
- pisak do znakowania (kreda olejowa, pisak olejowy itp.),
- aparat ścinający z nasadkami szczękowymi o średnicy 148/150 mm oraz 150/152 mm (patrz rys 2),
- maszyna wytrzymałościowa, umożliwiająca utrzymanie stałej prędkości przesuwu tłoka podczas obciążenia równej 50 mm/min  $\pm$ 3 mm/min z automatycznym rejestrem wyników; siła w zakresie od 0 do 50 kN i przemieszczenie ścięcia od 0 do 8 mm,
- komora klimatyczna z nawiewem powietrza,

- termometr,
- aparat Leutnera (rys. 2).



Rys. 2: Aparat ścinający wg. metody Leutnera (wymiarów w mm)

Aparat ścinający wg Leutnera, przedstawiono z podstawowymi wymiarami na rys. 2. Dwuczęściowa masywna ramownica (1) wykonana jest z aluminium. Obie części to idealnie równoległe, prowadzone w liniowych kulkowych łożyskach na dwóch utwardzonych precyzyjnych prowadnicach (2), półkoliste szczęki tnące (3), które działają w płaszczyźnie ścinania rdzenia. W szczękach wbudowane są stalowe, utwardzone wstawki szczęk tnących, które są wymienne dla rdzeni o średnicy od 148mm do 152mm. Przeznaczony do badania rdzeń ryglowany jest zaciskiem (4), przez szczękę zaciskową z wpuszczonym filcowym paskiem. Z drugiej strony aparatu ścinającego umieszczone jest oparcie (5) dla długich rdzeni. To dodatkowe oparcie poprzez dwa pręty nakładkowe z mimośrodem można dopasować do różnych średnic rdzeni.

Dopuszcza się przerwę pomiędzy szczękami ścinającymi w płaszczyźnie ścinania wynoszącą od 0 do 2 mm.

## 4.2. Próbki

### 4.2.1. Kształt próbek

Jako próbki służą rdzenie o średnicy 150 mm  $\pm$  2 mm lub 100 mm  $\pm$  2 mm z zastrzeżeniem z pkt. 1, odwiercane z nawierzchni lub próbki przygotowane w



laboratorium. Próbki przygotowywane w laboratorium zagęszcza się wg PN EN12697-31 lub PN EN12697-33.

#### 4.2.2. Ilość próbek

Minimum dwa rdzenie z jednego miejsca pobrania oddalone od siebie <1 m lub dwa rdzenie/próbki walcowe tak samo zagęszczone w laboratorium.

### 4.3. Właściwości zewnętrzne

Poszczególne warstwy rdzenia powinny być jednorodne i nieuszkodzone (uszkodzenia rozumie się przez: rozpad, ubytki mastyksu, niedostateczne zagęszczenie, spękanie, ubytki ziaren i zanieczyszczenia). Należy dokonać oceny wizualnej badanych próbek.

Powierzchnia boczna próbek musi być wolna od nierówności, rowków i śladów po zatrzymaniu koronki wiertniczej podczas pobierania. Płaszczyzna ścięcia musi być prostopadła do powierzchni bocznej próbek. Należy zmierzyć średnicę próbki i grubości poszczególnych warstw z dokładnością do 0,1 mm.

### 4.4. Podstawowe wymagania w odniesieniu do próbek

#### 4.4.1. Grubość warstw

Aparat ścinający wg Leutnera wymaga minimalnej grubości warstw od 30 mm dla warstwy odcinanej (górnej warstwy). Natomiast warstwy leżące poniżej muszą łącznie wykazywać długość minimum 70 mm, przez co możliwe jest stabilne (pewne) umocowanie rdzenia w aparacie ścinającym.

Dokładne oznakowanie granic warstw oraz ustalenie ich grubości należy przeprowadzić przed rozpoczęciem badania ścinania i termostatowania.

W przypadku warstw cieńszych niż 30 mm (np. Cienkich Warstw Ścieralnych) należy zastawać dodatkową metalową (aluminiową) płytę rowkowaną przymocowaną od góry lub spodu warstwy. Stosować szybko wiążący klej epoksydowy o odpowiedniej wytrzymałości, który wykluczy ścięcie wewnątrz warstewki kleju lub na styku kleju i warstwy lub płyty metalowej. Płytę mocować stroną rowkowaną do warstwy asfaltowej, gdzie głębokość rowków wynosi 4 mm, szerokość rowka wynosi 8 mm, a średnica płyty jest równa lub nieznacznie większa (+2 mm od średnicy próbki).

#### 4.4.2. Ortogonalność granicy warstwy w stosunku do powierzchni pobocznic próbki

Badanie ścinania bezpośredniego powinno być przeprowadzone na granicy warstw, która przebiega ortogonalnie w stosunku do powierzchni pobocznic próbki. Przy granicach warstw skośnych do 5 mm należy występujący skos uwzględnić przy wkładaniu rdzenia do urządzenia ścinającego. Rdzenie, w których granice warstw posiadają skos przekraczający 5 mm należy odrzucić.

### 4.5. Przeprowadzanie badania

#### 4.5.1. Przygotowanie próbek

Po wykonaniu czynności wstępnych podanych w punktach 4.2 do 4.4 należy doprowadzić próbki do temperatury badania tj.  $+20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  przez minimum 12 godzin (komora klimatyczna z nawiewem powietrza, celem osuszenia próbek po

odwiercie). Podczas termostutowania rdzenie należy przechowywać w pozycji leżącej tak, żeby rdzenie nie stykały się.

#### 4.5.2 Przygotowanie aparatu ścinającego

Aparat ścinający wraz ze szczękami tnącymi oraz rdzeniem o ustalonej zgodnie z rozdziałem 4.3 średnicą należy ustawić pod prasą wytrzymałościową. Aby uniknąć częstej wymiany szczęk tnących celowym jest, aby już podczas przygotowywania rdzeni dokonać segregacji na grupy o tych samych średnicach.

#### 4.5.3. Badanie ścinania

Czas od wyjęcia próbek z komory klimatycznej do zakończenia badania nie może przekraczać 10 minut.

Poprzez wizualną kontrolę należy stwierdzić czy szczęki tnące zostały dobrane prawidłowo, a rdzeń przylega całym obwodem do szczęk ścinających.

Poprzez obracanie rdzenia w kierunku radialnym, względnie przez przesuw w kierunku osiowym należy możliwie optymalnie dopasować płaszczyznę ścinania do granicy warstwy, starając się utrzymać kierunek ścinania zgodny z kierunkiem oznaczonego kierunku ruchu podczas pobierania próbek.

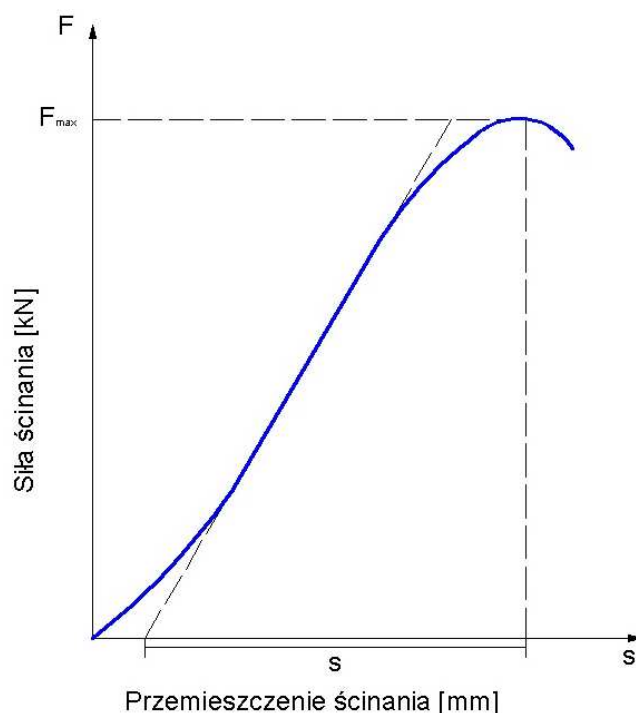
Poprzez silne dokręcenie śruby na zacisku rdzeń zostaje zablokowany do badania bezpośredniego ścinania.

Proces ścinania następuje z prędkością przesuwu tłoka równą 50 mm/min  $\pm$ 3 mm/min aż do osiągnięcia maksymalnej siły, momentu ścięcia rdzenia, względnie do osiągnięcia podyktowanej konstrukcyjnymi względami maksymalnego przemieszczenia ścinania równego 8 mm. Podczas badania należy wykreślić zależność siła–przemieszczenie.

Dalsze kontrolowanie temperatury rdzenia podczas przebiegu badania ścinania (przy pokojowej temperaturze) nie jest potrzebne, jeżeli okres czasu od wyjęcia z komory termostatycznej do zakończenia procesu ścinania nie przekracza 10 minut. Jeżeli na jednym rdzeniu badaniu ścinania mają być poddane liczne warstwy wówczas należy wykonywać badanie odpowiednio (w kolejności) do układu warstw, rozpoczynając od warstwy najwyższej. Łączny czas trwania badania – maksymalnie 10 minut, nie powinien być przekroczony.

### 4.6. Interpretacja wyników

Podstawą do interpretacji wyników jest wykres siła–przemieszczenie powstały podczas badania (patrz podstawowy szkic na rys. 3). Maksimum siły ścinającej przedstawia stan zniszczenia. Dla ustalenia przemieszczenia ścinania, jak to pokazano na rys. 3 należy poprowadzić styczną do liniowej części krzywej wykresu siła–przemieszczenie. Punkt przecięcia stycznej i osi przemieszczenia jest punktem zero dla pomiaru przemieszczenia; koniec przemieszczenia ścinania  $S$  jest określony przez maksymalną siłę  $F_{max}$ .



Rys. 3: Podstawowy wykres przebiegu siły ścinającej w zależności od przemieszczenia ścinania przy badaniu ścinania bezpośredniego

#### 4.7. Przetastawienie wyników i raportu z badania

Jako wynik badania należy dla każdego przeprowadzonego pomiaru podać maksymalną siłę ścinającą  $F_{\max}$ , przemieszczenie ścinania  $S$  oraz wyliczone maksymalne naprężenie ścinające  $\tau_{\max}$ .

Maksymalne naprężenie ścinające należy obliczyć zgodnie ze wzorem:

$$\tau_{\max} = \frac{4 * F_{\max}}{\pi * D^2} * 1000$$

gdzie:  $\tau_{\max}$  – maksymalne naprężenie ścinające [MPa],  $F_{\max}$  – maksymalna siła ścinająca [kN],  $D$  – średnica rdzenia określona przed badaniem ścinania [mm].

Wynikiem końcowym jest wartość średnia maksymalnego naprężenia ścinającego obliczonego z dwóch oznaczeń wykonanych na próbkach pobranych z jednego miejsca lub wykonanych w jednakowych warunkach laboratoryjnych.

Raport z badania powinien zawierać:

- odwołanie do metody badania oraz warunków badania,
- opis materiałów z dwóch warstw,
- rodzaj i ilość skropienia międzywarstwowego (jeżeli jest znane),
- dla każdego badanego rdzenia zapis:
  - średnicy i grubości warstw z dokładnością do 0,1 mm,
  - maksymalną siłę ścinającą z dokładnością do 0,1 kN,
  - przemieszczenie ścinania z dokładnością do 0,1 mm,
  - maksymalne naprężenie ścinające z dokładnością do 0,1 MPa,

- jakiegokolwiek spękanie lub inne uszkodzenie rdzenia,
- temperaturę badania z dokładnością do 0,5°C,
- wszystkie odstępstwa od przedstawionej metody powinny zostać zanotowane w raporcie z badań.

## 5. Kryteria szczepności międzywarstwowej

Kryteria szczepności międzywarstwowej wg metody Leutnera w warstwach asfaltowych przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Kryteria szczepności międzywarstwowej wg metody Leutnera w temperaturze +20°C

Połączenie warstw	Kryterium szczepności międzywarstwowej
Ścieralna-wiążąca	1,0 MPa
Wiążąca-podbudowa	0,7 MPa
Podbudowa-podbudowa	0,6 MPa
Cienka Warstwa Ścieralna-wiążąca Cienka Warstwa Ścieralna-ścieralna	1,3 MPa

## 6. Literatura

- [1] ALP A-StB, Teil 4, Prüfung des Schichtenverbundes nach Leutner, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkswesen, Ausgabe 1999
- [2] MCDHW, 954, Method for Laboratory Determination of Interface Properties using the Modified Leutner Shear Test, UK 08/2008
- [3] Zeszyt 66 IBDiM, Załącznik do: Zalecenia stosowania geowłóknin w warstwach asfaltowych nawierzchni drogowych, IBDiM Warszawa 2004
- [4] prEN 12697-48, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 48: Interlayer Bonding, October 2013
- [5] PN-EN 12697-31 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 31: Próbkę przygotowane w prasie żyratorowej
- [6] PN-EN 12697-33 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 33: Przygotowanie próbek zagęszczanych urządzeniem wałującym
- [7] Judycki J., Jaskuła P. i inni, Badania i ocena wpływu szczepności międzywarstwowej na trwałość konstrukcji nawierzchni asfaltowej, Niepublikowany raport z I i II etapu badań na zlecenie GDDKiA, Gdańsk 2005 i 2006. ([http://gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-zrealizow\\_3435//documents/gddkia-jaskua-etapi.pdf](http://gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-zrealizow_3435//documents/gddkia-jaskua-etapi.pdf), [http://gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-zrealizow\\_3435//documents/gddkia-jaskula-etapii.pdf](http://gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-zrealizow_3435//documents/gddkia-jaskula-etapii.pdf))
- [8] Judycki J., Jaskuła P. i inni, Modelowanie teoretyczne wpływu szczepności międzywarstwowej na zachowanie się nawierzchni asfaltowych, Niepublikowany raport z I i II etapu badań na zlecenie GDDKiA, Gdańsk 2011 i 2012. ([https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-w-trakcie\\_3434/Szczepnosc-Etap1\\_2011.pdf](https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-w-trakcie_3434/Szczepnosc-Etap1_2011.pdf), [https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-w-trakcie\\_3434/Szczepnosc-Etap2\\_2012.pdf](https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/p/prace-naukowo-badawcze-w-trakcie_3434/Szczepnosc-Etap2_2012.pdf))