

Zastosowanie kompozytów Tensar AR do zbrojenia warstw asfaltowych - zwiększenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni

mgr inż. Piotr Mazurowski

ATM PO EMEA

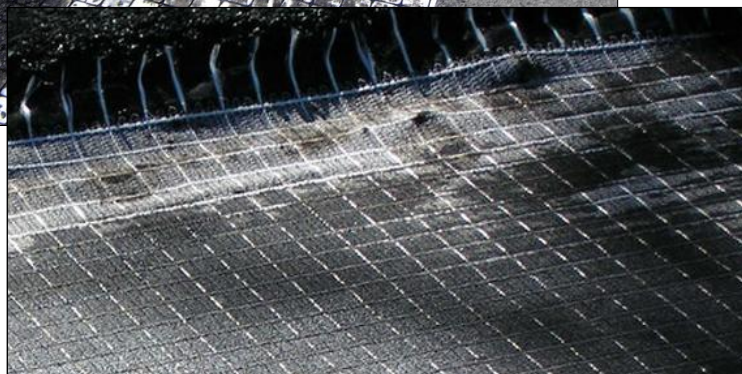
Tensar Polska Sp. z o.o.



**Georuszty Tensar
TriAx**



Materac geokomórkowy Stratum



**Kompozyty do zbrojenia
warstw asfaltowych**

Tensar



**Georuszty Tensar RE i systemy ścian
oporowych z gruntu zbrojonego**

ZASTOSOWANIE KOMPOZYTÓW TENSAR AR DO ZBROJENIA WARSTW ASFALTOWYCH



Główne powody wzmocnienia warstw asfaltowych geosyntetykami

Zastosowanie **siatek i kompozytów** do zbrojenia warstw asfaltowych nawierzchni drogowych pozwala na skuteczne:

- zapobieganie **spękanom odbitym**,
- zabezpieczanie **połączenia podłużnego** nawierzchni,
- ograniczenie **koleinowania** warstw asfaltowych
- zwiększenie **trwałości zmęczeniowej** nawierzchni

Różne funkcje materiału w warstwach asfaltowych

EN 15381 (Norma europejska)

PN-EN 15381 (Norma krajowa)

Oznakowanie CE-zgodne z przeznaczeniem i funkcją wyrobu dla **kompozytów** stosowanych do warstw asfaltowych:

- **Zbrojenie/Reinforcement (R)**
- **Rozproszenie naprężeń (absorpcja)/Stress-relief (STR)**
- **Bariera międzywarstwowa/Interlayer barrier (B)**

BRITISH STANDARD	BS EN 15381:2008
<p>Geotextiles and geotextile-related products — Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays</p>	
	<p>POLSKA NORMA</p> <p>ICS 59.080.70; 93.080.20</p> <p>PN-EN 15381</p> <p>wrzesień 2010</p> <p>Wprowadza EN 15381:2008, IDT</p> <p>Zastępuje PN-EN 15381:2008</p>
<p>NO COPYING WITHOUT BSI PERM</p>	<p>Geotekstylia i wyroby pokrewne Wymagania w odniesieniu do wyrobów stosowanych w nawierzchniach i nakładkach asfaltowych</p> <p>Norma Europejska EN 15381:2008 ma status Polskiej Normy</p> <p>© Copyright by PKN, Warszawa 2010</p> <p>nr ref. PN-EN 15381:2010</p> <p>Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być zwielokrotniana jakiegokolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego</p>

Kompozyt Tensar *AR-GN* & *AR-GNs*



Typ:

Kompozyt składający się z:

- monolitycznej (sztywnej) siatki zbrojeniowej z PP
- włókniny o gramaturze $\geq 130\text{g/m}^2$

Dane techniczne:

szerokość: **3.80 (standard)** / 3.00 / 1.90 / 1.50 / 0.95 m (na życzenie)

długość: 75 m

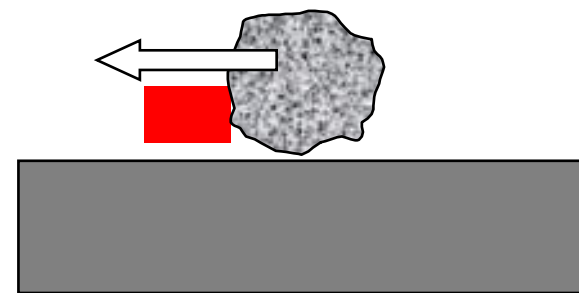
wytrzymałość: 20 / 20 kN/m

wymiar oczka: **65/65**mm(*AR-GN*) & **39/39**mm(*AR-GNs*)

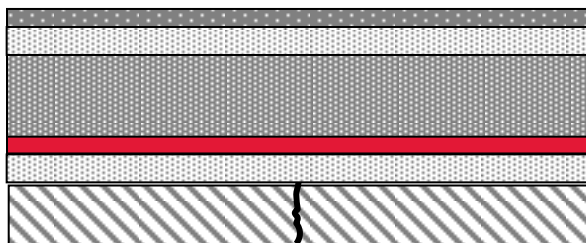
Kompozyt Tensar *AR-GN* & *AR-GNs*

Funkcje:

1. Zbrojenie
2. Rozproszenie naprężeń (absorpcja)
3. Nieprzepuszczalna bariera dla wody



Zakres zastosowania:



Nowa: Warstwa ścieralna

Nowa: Warstwa wiążąca $\geq 7\text{cm}$: **AR-GN** ($\geq 6\text{cm}$: **AR-GNs**)

Kompozyt

Warstwa wyrównawcza

Istniejąca: nawierzchnia asfaltowa lub betonowa

Kompozyt do zbrojenia warstw asfaltowych nawierzchni drogowych **Tensar AX5-GN (georuszt trójosiowy)**



Programy badawcze od 1985

1985 Badania Prof. Browna

Uniwersytet w Nottingham (UK)

1994 Badania recyklingu

IFTA (Niemcy)

1995 Badania frezowania

CROW (Holandia)

2005 Długoterminowa obserwacja odcinka A6 – spękania odbite

Public Works and Water Management Northern Netherlands, Ooms Nederland Holding bv (Holandia)

2005 Badanie wpływu zbrojenia warstw asfaltowych na nośność nawierzchni

Uniwersytet w Darmstadt (Niemcy)

2007 Recykling zbrojenia warstw asfaltowych

Uniwersytet w Rostock (Niemcy)

2015 Badania spękań odbitych

Uniwersytet w Wismar (Niemcy)

2019+ Badania wpływu kompozytu na trwałość zmęczeniową

Politechnika Gdańska (Polska)

Uniwersytet w Nottingham (1985)

Badania wpływu zastosowania siatki TENSAR AR1 i kompozytu Tensor AR-G w warstwach asfaltowych na:

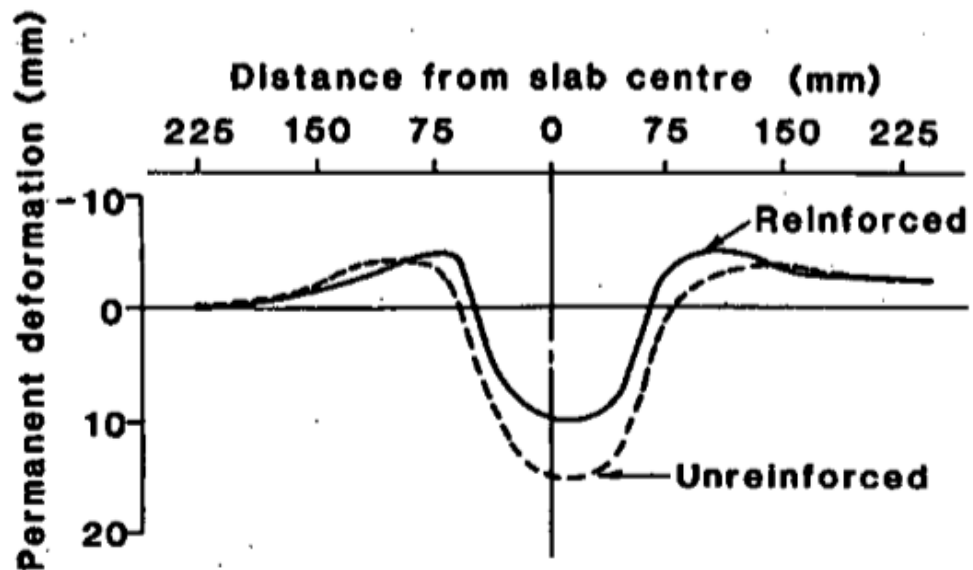
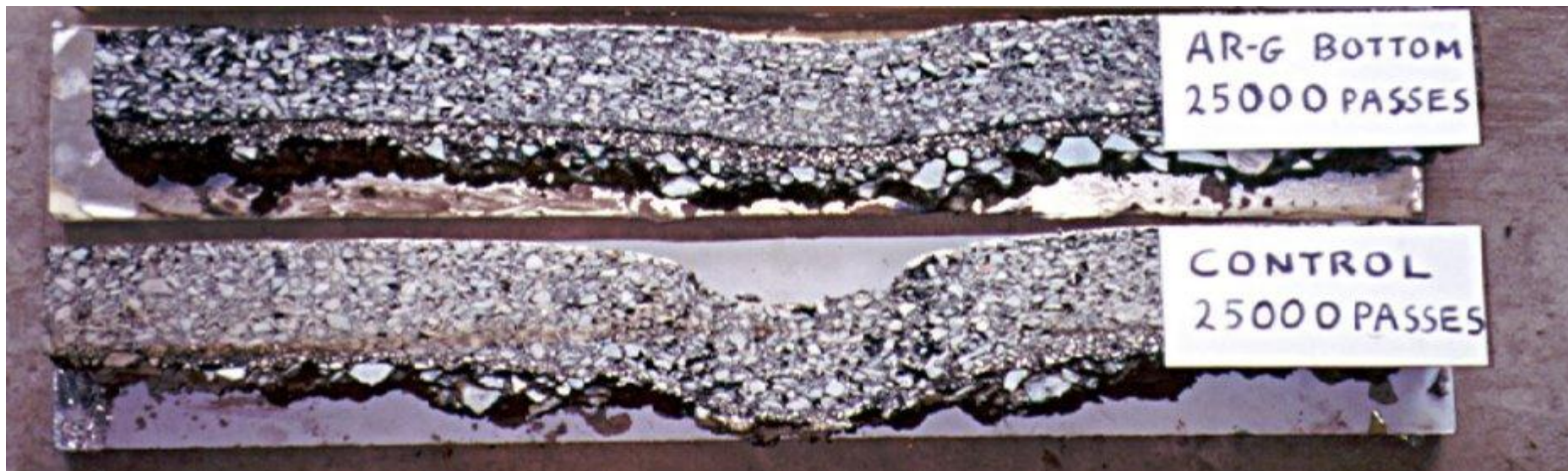
- Koleinowanie
- Trwałość zmęczeniową
- Propagację spękań odbitych

(zespół pod kierunkiem Prof. S. Browna, Uniwersytet w Nottingham, UK, 1985 r.)

OGRANICZENIE KOLEINOWANIA



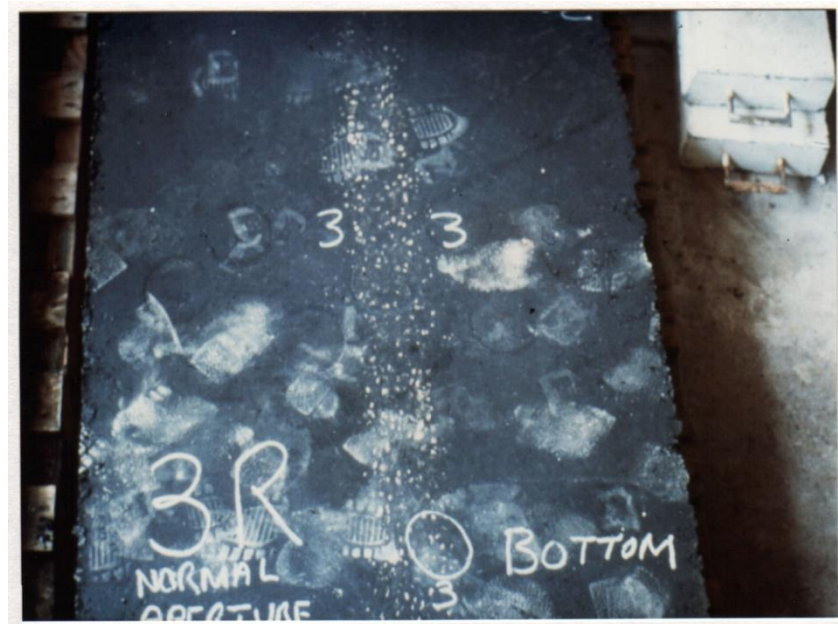
OGRANICZENIE KOLEINOWANIA



OGRANICZENIE KOLEINOWANIA



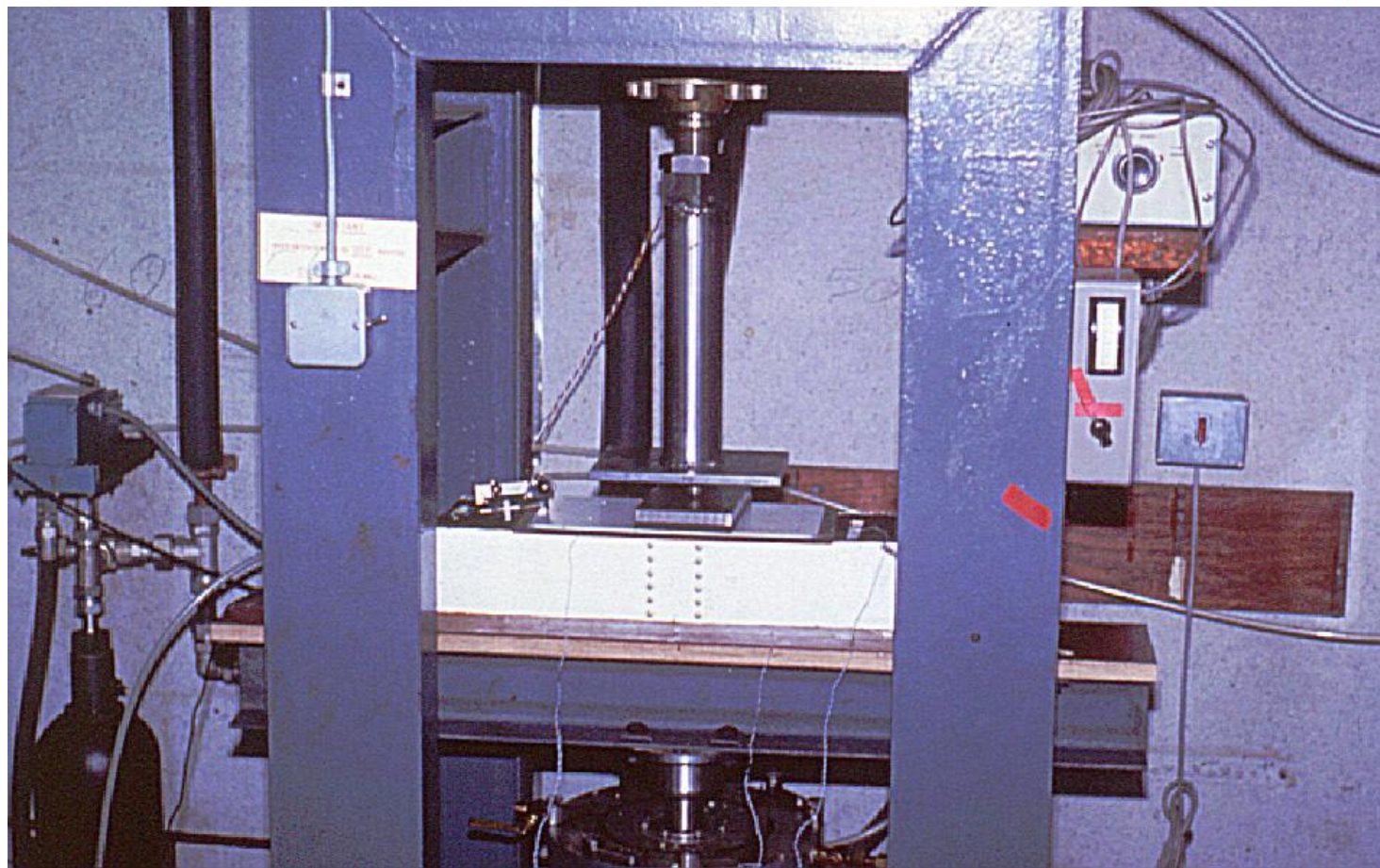
warstwa niezbrojona



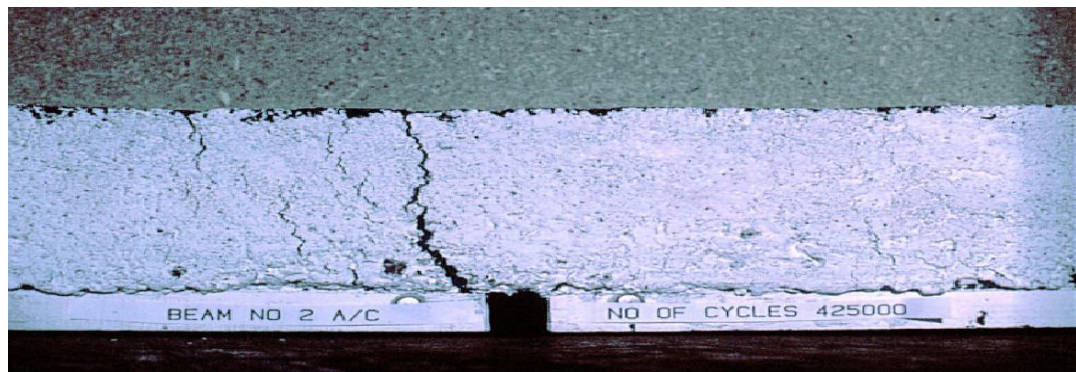
warstwa zbrojona wyrobem AR

Dodatkowy efekt: ograniczenie inicjacji spękań zmęczeniowych

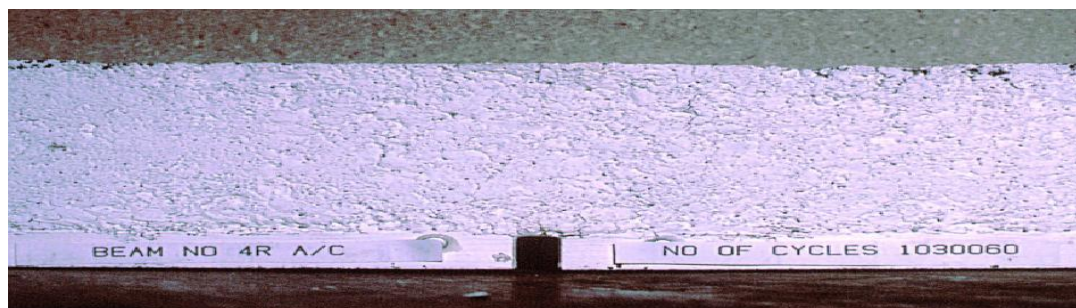
ZWIĘKSZENIE TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ I SPOWOLNIENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ



ZWIĘKSZENIE TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ I SPOWOLNIENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ

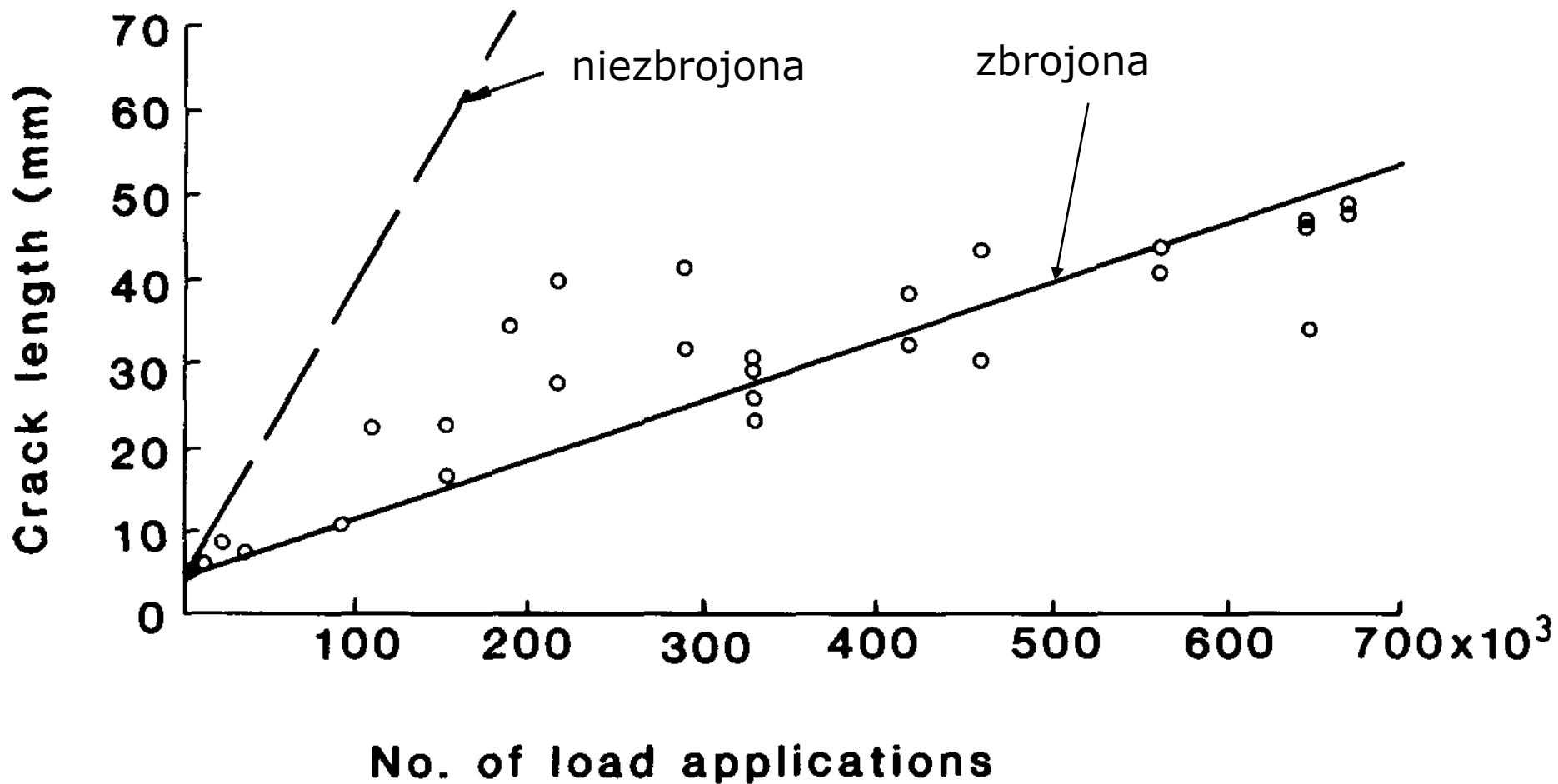


Warstwa bez zbrojenia po 425000 cykli obciążeń

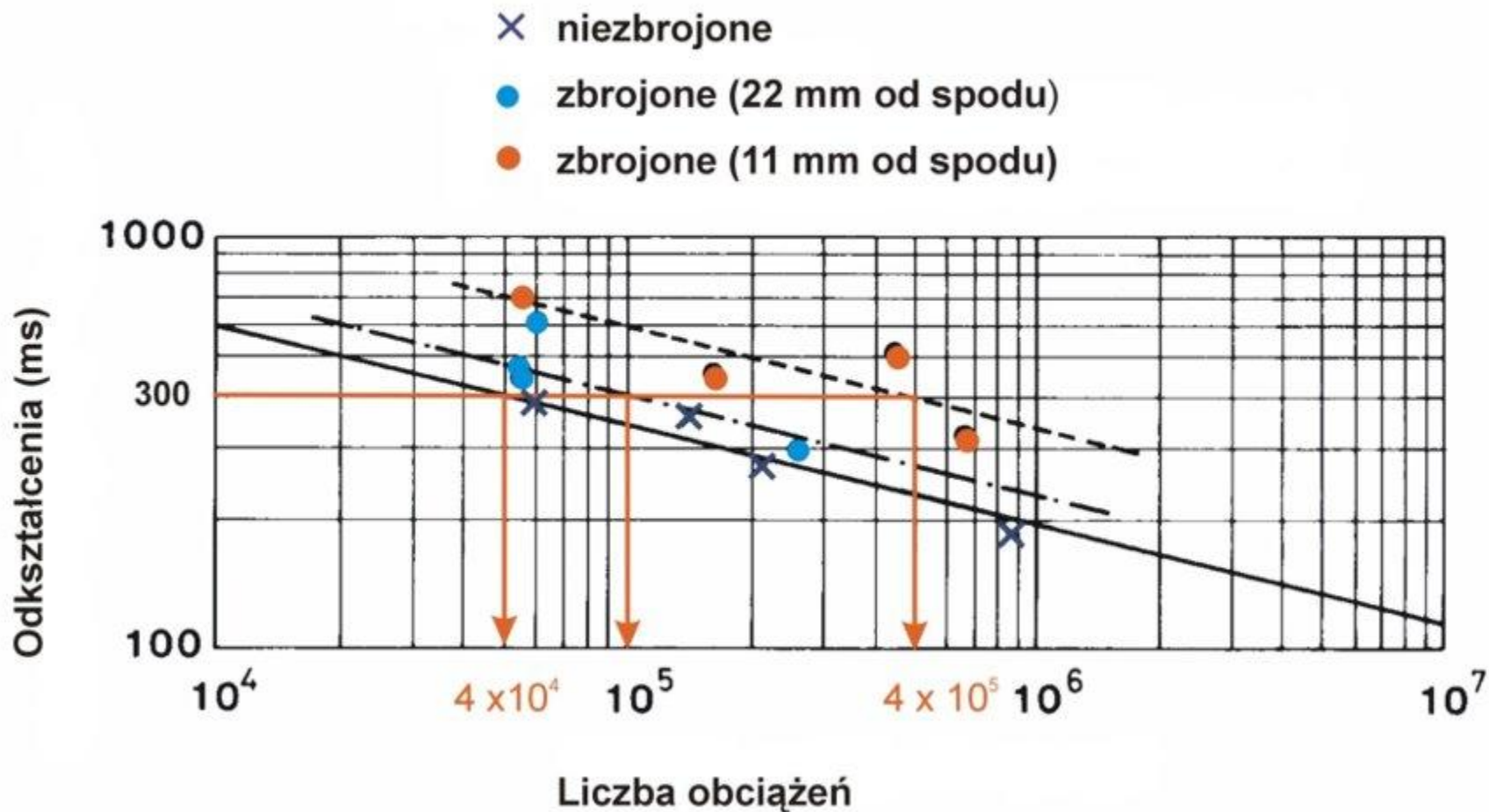


Warstwa zbrojona TENSAR AR po 1000000+ cykli obciążeń

ZWIĘKSZENIE TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ I SPOWOLNIENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ

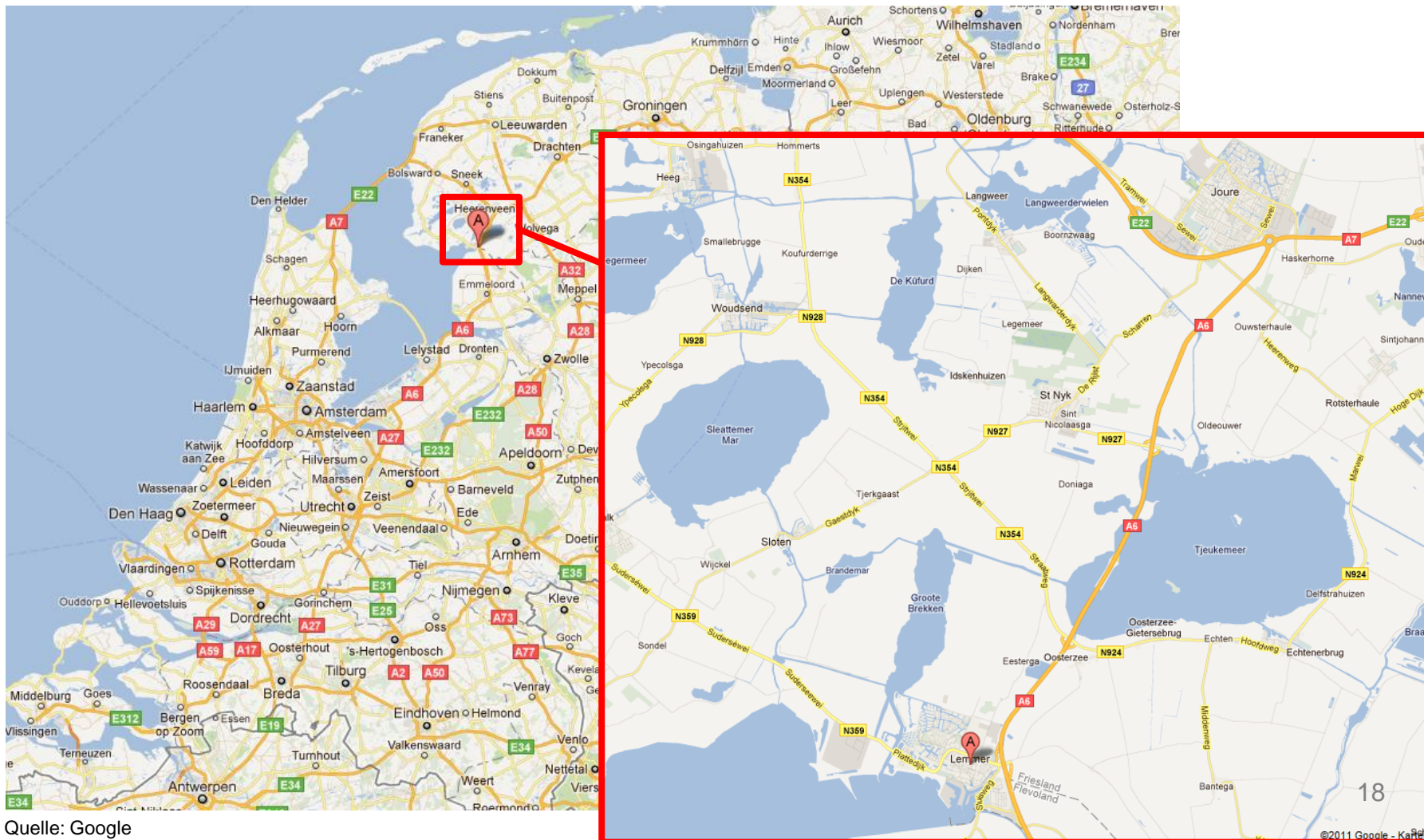


ZWIĘKSZENIE TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ I SPOWOLNIENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ



OGRANICZENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ ODBITYCH

Obserwacja długookresowa odcinka drogi A6
(Holandia/1992-2005)



OGRANICZENIE PROPAGACJI SPEKAŃ ODBITYCH

Realizacja niezależnych badań długoterminowych przez:

*Public Works and Water Management Northern Netherlands
(**Inwestor**)*

*Ooms Nederland Holding bv (**GW**)*

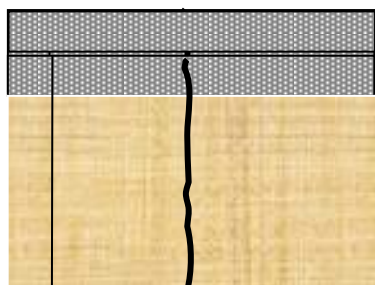


OGRANICZENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ ODBITYCH

Sytuacja wyjściowa:

- Rok budowy: 1971
- Konstrukcja: - 18 cm warstw asfaltowych (w różnym układzie grubości i warstw)
- 40 cm grunt stabilizowany chemicznie
- Pojawienie się spękań odbitych (w średnim rozstawie co 11.5 m)
- Powtarzalne remonty nawierzchni: frezowanie częściowe plus nowe pakiety warstw asfaltowych

Efekt: Pierwsze spękania odbite pojawiały się zawsze po 2-3 latach

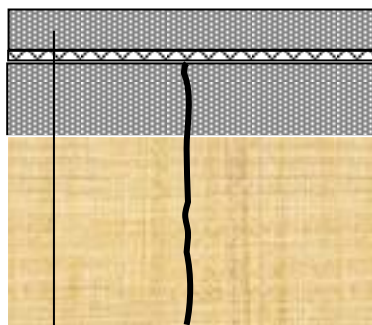


- 18 cm Asphalt (different layers)
- 40 cm cement stabilised sand

OGRANICZENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ ODBITYCH

Konstrukcja odcinka testowego:

- Odcinek wykonany w lipcu 1992
- Remont polegający na wbudowaniu różnych siatek/kompozytów plus nakładki w postaci warstwy asfaltowej 0/16 o grubości 5 cm



— Nowe: 5 cm beton asfaltowy

— **Nowe: Różne materiały syntetyczne do zbrojenia warstw asfaltowych**

— Istniejące: 18 cm różnych warstw asfaltowych

— Istniejące: 40 cm grunt stabilizowany cementem

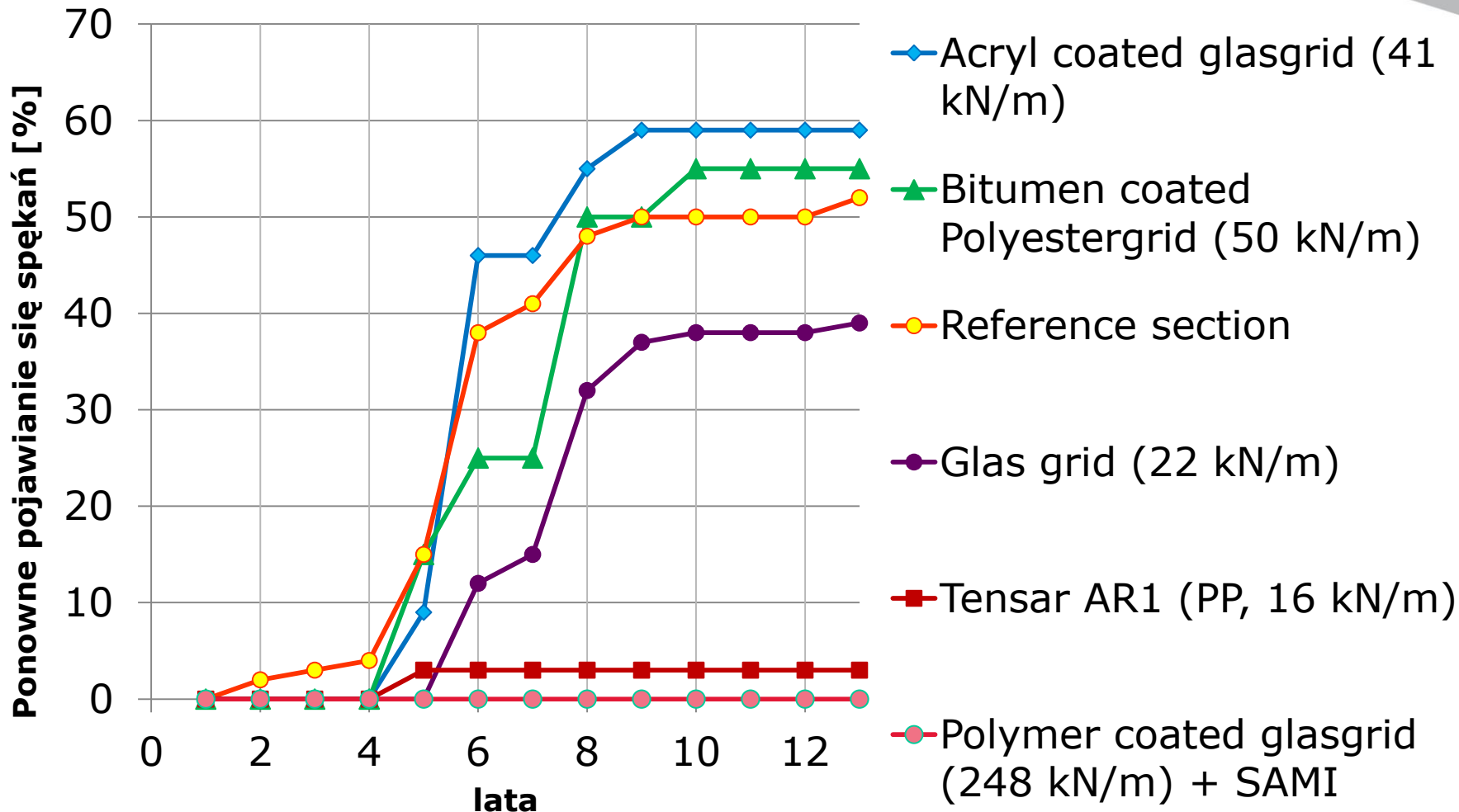
OGRANICZENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ ODBITYCH

Obserwacje przez 13 lat od wykonania odcinka testowego

- Dokumentacja umiejscowienia i ilości spękań odbitych w każdej sekcji
- Coroczne zestawienia ilości spękań odbitych w latach 1992-2005 (13 lat)
- Raportowanie procentowej ilości przyrostu spękań odbitych/ponowne pojawienie się spękań



OGRANICZENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ ODBITYCH

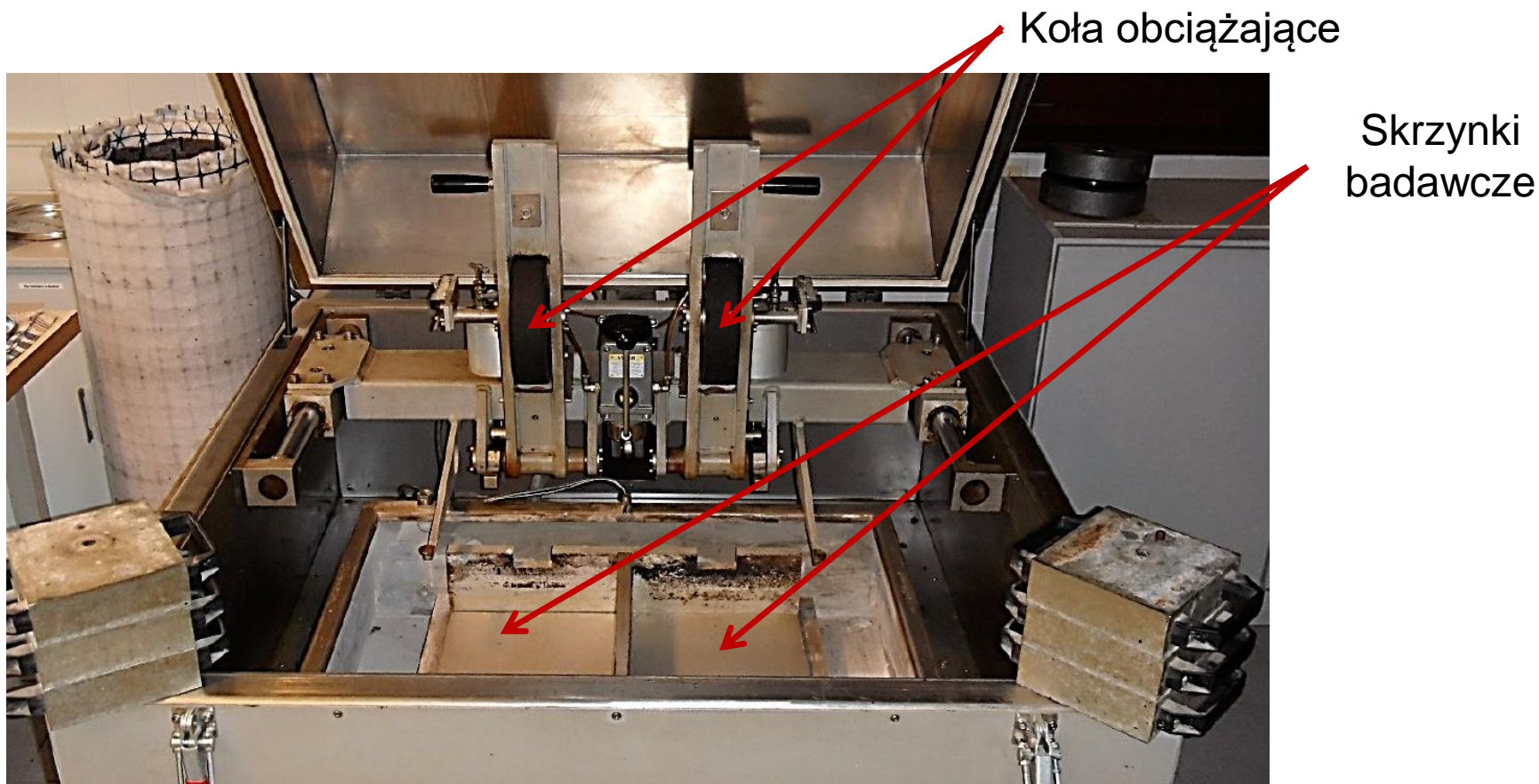


**Współczynnik poprawy efektywności dla
siatki/kompozytu AR > 10**

OGRANICZENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ ODBITYCH

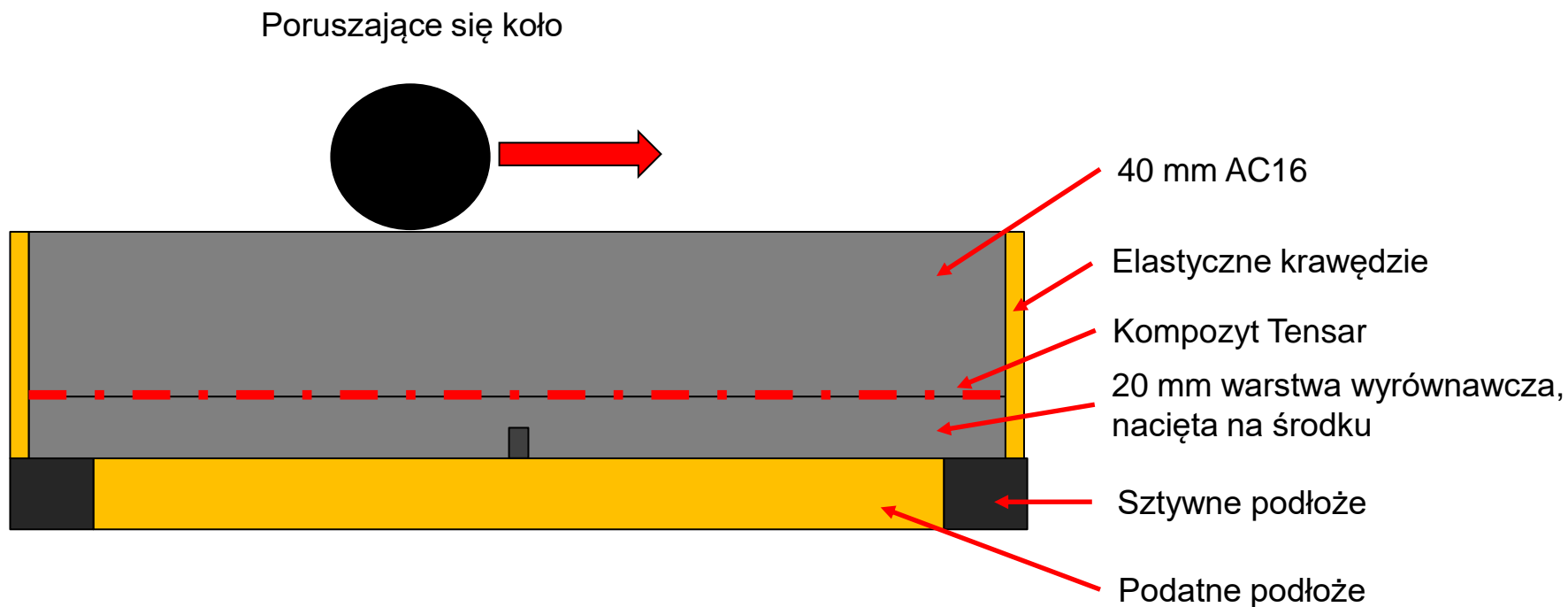
Badania na Uniwersytecie w Wismarze (Niemcy/2015)

Zmodyfikowany koleinomierz



OGRANICZENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ ODBITYCH

Schemat testu na Uniwersytecie w Wismarze:



OGRANICZENIE PROPAGACJI SPĘKAŃ ODBITYCH

Wyniki:



Próbka bez zbrojenia po **41,000 obciążeń**



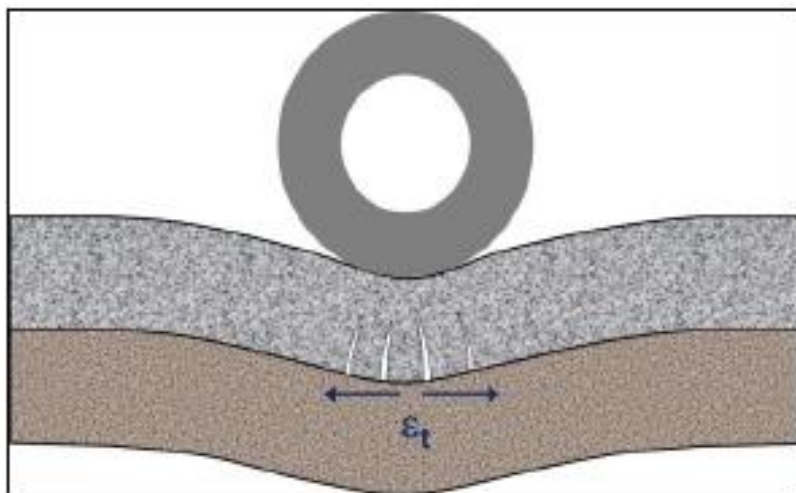
Próbka zbrojona kompozytem AR-GN po **155,000 obciążeń**
(współczynnik zwiększający > 3.7)

WNIOSKI Z BADAŃ

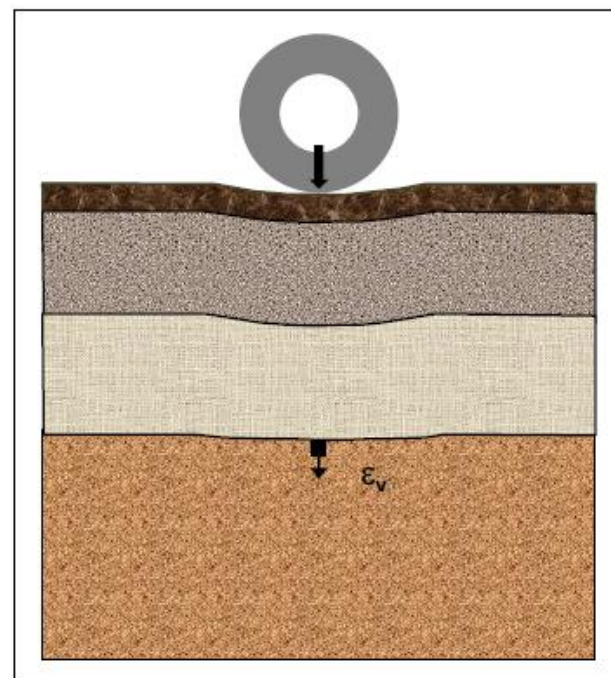
Badania efektywności zastosowania siatki TENSAR AR1 i kompozytu Tensor AR-G w warstwach asfaltowych wykazały **3 do 10-krotny** wzrost trwałości zmęczeniowej zbrojonych warstw asfaltowych.

MODYFIKACJA METODY PROJEKTOWANIA NAWIERZCHNI

W mechanistyczno-empirycznej metodzie projektowania nawierzchni podatnych sprawdzana jest trwałość nawierzchni ze względu na spełnienie dwóch warunków:



Spękania zmęczeniowe warstw
asfaltowych (N_a)



Deformacja strukturalna nawierzchni (N_s)

Trwałość projektowanej nawierzchni to niższa wartość z powyższych dwóch: $\mathbf{N} = \min (N_a ; N_s)$

MODYFIKACJA METODY PROJEKTOWANIA NAWIERZCHNI

- Zastosowanie w nowych warstwach asfaltowych nawierzchni georusztu/kompozytu zwiększa ich trwałość zmęczeniową wynikającą z **kryterium spękań zmęczeniowych**, natomiast nie ma wpływu na trwałość zmęczeniową wynikającą z kryterium trwałej deformacji podłoża.
- Istnieje możliwość zwiększenia trwałości zmęczeniowej nowych warstw asfaltowych o współczynnik: **$f = 1,5 \div 3,0$**
- Trwałość zmęczeniowa nawierzchni, w której warstwy asfaltowe są wzmocnione kompozytem Tensor AR-G, określa się w tym przypadku ze wzoru:

$$N = \min (N_a \times f ; N_s)$$

gdzie:

N – całkowita trwałość zmęczeniowa nawierzchni;

N_a – ilość obciążeń osią standardową do wystąpienia spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych;

f – współczynnik zwiększający zawierający się w przedziale 1,5 – 3,0;

N_s – ilość obciążeń osią standardową do wystąpienia krytycznej deformacji strukturalnej nawierzchni.

Zbrojenie warstw asfaltowych kompozytem Tensor AR-GN

Droga wojewódzka nr 222 Gdańsk – Starogard Gdański

odcinek Trąbki Wlk. - Godziszewo

Nazwa projektu	Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 222 na odcinku Trąbki Wlk. - Godziszewo km 19+100÷21+500
Zastosowanie	Zbrojenie warstw bitumicznych
Produkt	Tensor AR-GN
Ilość	ok. 25.000 m ²
Realizacja	2002-2003
Wykonawca	Skanska S.A.
Inwestor	ZDW Gdańsk



Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 222 Gdańsk – Starogard
Gdański na odcinku Trąbki Wlk. - Godziszewo

Ogólny stan odcinka – km 19+350



Ogólny stan odcinka – km 19+420



Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 222 Gdańsk – Starogard Gdański na odcinku Trąbki Wlk. - Godziszewo

Lp.	Lokalizacja odwiertu	Grubość warstw bitumicznych	Grubość i rodzaj podbudowy	Podłoże gruntowe
1	Km 19+100, strona lewa	14 cm	13 cm – tłuczeń kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
2	Km 19+350, strona lewa	9 cm	7 cm – bruk kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
3	Km 19+600, strona prawa	16 cm	8 cm – tłuczeń kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
4	Km 19+850, strona lewa	11 cm	8 cm – bruk kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
5	Km 20+100, strona lewa	10 cm	7 cm – tłuczeń kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
6	Km 20+350, strona prawa	12 cm	8 cm – tłuczeń kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
7	Km 20+600, strona lewa	16 cm	10 cm – tłuczeń kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
8	Km 20+850, strona lewa	16 cm	8 cm – tłuczeń kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
9	Km 21+100, strona prawa	12 cm	9 cm – tłuczeń kamienny + 5 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
10	Km 21+350, strona lewa	23 cm	11 cm – tłuczeń kamienny + 6 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny
11	Km 21+500, strona prawa	15 cm	7 cm – tłuczeń kamienny + 6 cm podsypka piaszczysta	glina piaszczysta przewarstwiona, plastyczna, piasek drobny

Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 222 Gdańsk – Starogard Gdański na odcinku Trąbki Wlk. - Godziszewo

Dane do projektowania

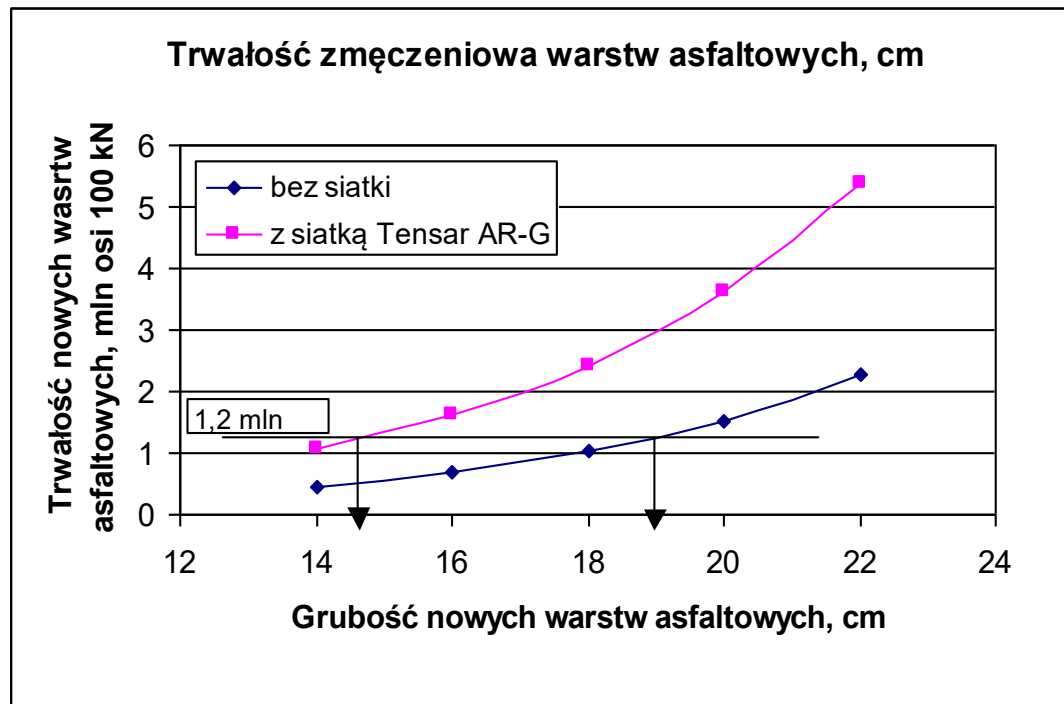
- Okres obliczeniowy → 10 lat
- Ruch → 322 osie 100 kN/dobę/pas
(322 osie) x (10) x (365) = 1,17 mln osi
- Podłoże → glina piaszczysta
→ CBR = 3,5%, E = 35 MPa
- ZWG → 3 m poniżej niwelety
- Obciążenie → 100 kN/oś

Przekrój miarodajny do obliczeń

- warstwy bitumiczne - 12 cm
- podbudowa tłuczeń - 8 cm
- warstwa odcinająca - 5 cm
- podłoże gruntowe CBR=3,5%

Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 222 Gdańsk – Starogard Gdański na odcinku Trąbki Wlk. - Godziszewo

Wyniki obliczeń



- nakładka 15 cm + **Tensor AR-GN**

$N_{f.asf} = 1,4$ mln osi 100 kN,
albo

- nakładka 19 cm bez zbrojenia

$N_{f.asf} = 1,2$ mln osi 100 kN,

Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 222 Gdańsk – Starogard
Gdański na odcinku Trąbki Wlk. - Godziszewo

Przyjęte rozwiązanie:



Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 222 Gdańsk – Starogard
Gdański na odcinku Trąbki Wlk. - Godziszewo



Stan odcinka w czerwcu 2018 (15 lat po przebudowie)

Zbrojenie warstw asfaltowych kompozytem Tensar AR-GN

Rozbudowa drogi ekspresowej S3/A6 Kijewo – Dąbie - Rzęśnica

Nazwa projektu	Przebudowa drogi ekspresowej S3 Kijewo-Dąbie-Rzęśnica
Zastosowanie	Zbrojenie warstw bitumicznych
Produkt	Tensar AR-GN
Ilość	32.000 m ²
Dostawa	Czerwiec/Lipiec 2018
Wykonawca	Energopol Szczecin S.A.
Inwestor	GDDKiA O/ Szczecin



Rozbudowa drogi ekspresowej S3/A6 Kijewo – Dąbie – Rzęśnica

Problem:

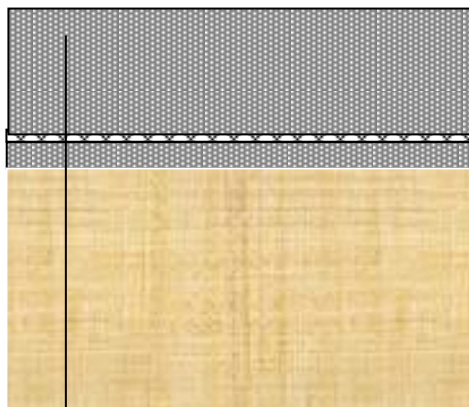
- Rozwiązanie projektowe jako program naprawczy na odcinku jezdni nr 1 w km 86+700÷87+480 oraz km 88+800÷89+570 (odcinek >1,5 km)
- Nieosiągnięcie zadowalających wyników $R_c 28$ dla warstwy podbudowy pomocniczej z kruszywa stabilizowanego cementem $C_{1,5/2,0}$ o grubości 15cm
- Konieczność znalezienia rozwiązania uzyskania wymaganej projektem trwałości konstrukcji nawierzchni bez rozbierania istniejących warstw oraz bez zwiększania ich grubości

Propozycja rozwiązania

- Zbrojenie pakietu nowych warstw asfaltowych o łącznej grubości 28cm (KR6) kompozytem **Tensor AR-GN** w celu zwiększenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni

Rozbudowa drogi ekspresowej S3/A6 Kijewo – Dąbie – Rzęśnica

Konstrukcja wzmocnienia:



4cm: w-wa ściernalna SMA11

8cm: w-wa wiążąca AC16W

10cm: w-wa podbudowy asfaltowej AC22P

Kompozyt Tensar AR-GN

6 cm: w-wa podbudowy asfaltowej AC22P

25cm: C50/30& destruktu betonowy;

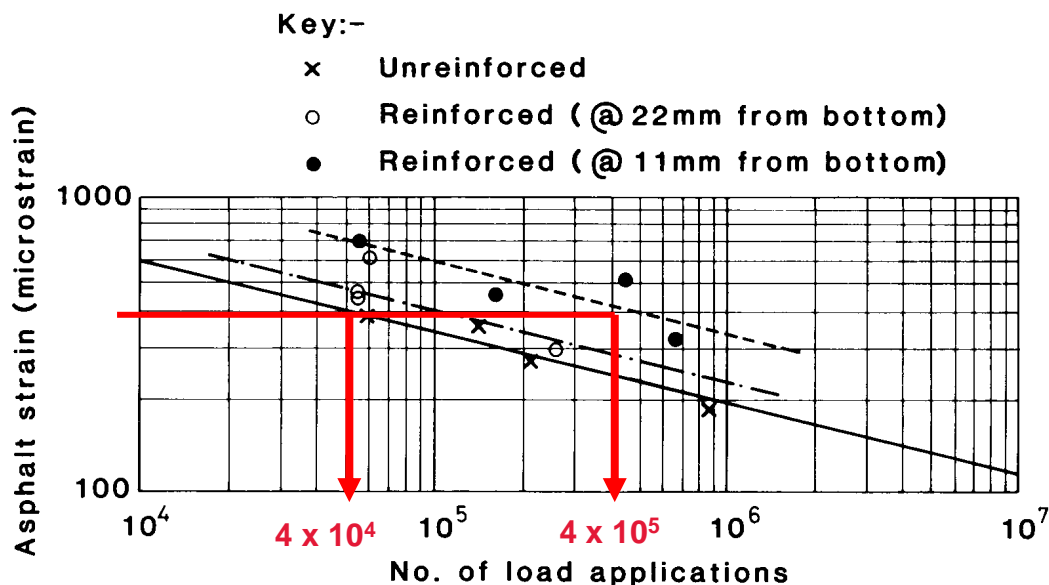
15cm: C_{1,5/2,0};

35cm: piasek doziarniony destruktem betonowym)

Rozbudowa drogi ekspresowej S3/A6 Kijewo – Dąbie – Rzęsnica

Trwałość zmęczeniowa nawierzchni:

- Projekt wyjściowy: $N_f = 52$ mln osi 100kN (KR6)
- Bez udziału kompozytu Tensor AR-GN: $N_f = 38$ mln osi 100kN
- Z uwzględnieniem wpływu kompozytu Tensor AR-GN: $N_f = \mathbf{58}$ mln osi **100kN**
- Współczynnik wzrostu trwałości zmęczeniowej wskutek zbrojenia kompozytem Tensor AR-GN: **$A=1.5$** *



(*) na pdst.: S. F. Brown i współpracownicy:
 Polymer Grid Reinforcement of Asphalt,
 AAPT Annual Meeting, San Antonio, Teksas,
 11-13.02.1985.

Rozbudowa drogi ekspresowej S3/A6 Kijewo – Dąbie – Rzęśnica



Rozbudowa drogi ekspresowej S3/A6 Kijewo – Dąbie – Rzęśnica



Rozbudowa drogi ekspresowej S3/A6 Kijewo – Dąbie – Rzęśnica



Tensar®

Dziękuję za uwagę.
