



**Greitkelių inžinerijos įmonė
Aachen mbH**

Bandymų ataskaita (Išversta versija)

Poliuretano mėginių bandymai

„Tempimo stipris atliekant netiesioginio įtempimo bandymą skirtingų temperatūrų sąlygomis“

Greitkelių inžinerijos įmonė Aachen mbH

DIPL.-ING. LUKAS RENKEN

Pascalstraße 6

D-52076 Aachen

Tel.: +49 (0) 2408 937 89 32

Mail: renken@isac-gmbh.com

Užsakovas:

BASF Polyurethanes GmbH

CHRISTOF GRIESER-SCHMITZ

Elastogranstr. 60

D-49448 Lemfoerde

Mail: christof.grieser-schmitz@basf.com



Aachenas, 2018 m. liepa

HRB 17702 Aacheno apylinkės teismas
Aacheno teisėsaugos vietovė
Aacheno mokėsių tarnyba
USt-IdNr DE285 021 685

Banko rekvizitai: Aacheno taupomasis bankas
A/S 1071081853 BLZ 39050000
IBAN DE65390500001071081853
BIC AACSD33

Vadovas:
Dipl.-Ing. Lukas Renken
Akcininkai:
Dr.-Ing. Dirk Kemper
Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhard Steinauer
Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Oeser



1. Tyrimo objektas

Įgyvendinant bendradarbiavimo projektą „Strateginis kelio dangos poliuretano pagrindu sistemų įgyvendinimas“ Acheno greitkelių inžinerijos asociacijai (vok. ISAC GmbH) kartu su RWTH Acheno universiteto Greitkelių inžinerijos institutu buvo pavesta atlikti kelio dangos poliuretano pagrindu bandinių tyrimą. Atlikti tyrimo tikslai:

- Programoje integruotos granulimetrinės sudėties kreivės projektavimas
- Kelio dangos poliuretano pagrindu bandomųjų plokštelių gamyba, įskaitant tris skirtingus rišiklius
- Tankio ir absoliučiai tuščios erdvės nustatymas (pagal TP Asphalt-StB 6 segmentą)
- Netiesioginio tempimo stiprio nustatymas (i.A.a TP Asphalt, 23 dalis)
 - Temperatūros diapazonui (-20°C; +15°C; +50°C)

Techninių rodiklių įgyvendinimą vietoje ir laboratorijoje atliko kvalifikuoti darbuotojai, laikydamiesi RAP Stra. Betono bandymams atlikti buvo naudotasi bandymų aikštele W, pagal RWTH Acheno universiteto Greitkelių inžinerijos instituto kontroliuojančios įstaigos pripažintą DIN 1045. Šiam tikslui buvo suteikta moderni laboratorinė įranga.

2. Granulimetrinės sudėties kreivės projektavimas ir bandinių gamyba

Pasirinkti užpildai (diabazė) atitinka TL-Gestein StB 07 standartus ir todėl yra tinkami keliams tiesti. Pirmiausia užpildai buvo nuplauti ir išdžiovinti. Vėliau jie buvo sijojami į frakcijas.

Remiantis išsamia patirtimi (iš FE 07.0264/2012/ARB), granulimetrinės sudėties kreivė buvo suprojektuota taip:

1 lentelė. Suprojektuota granulimetrinė sudėtis

Grūdelių frakcija	Procentinė dalis mišinyje	Uolienos tipas
<0,063	2,0 M.-%	Klinčių užpildas
0 / 2	8,0 M.-%	Diabazė
2 / 5	41,0 M.-%	Diabazė
5 / 8	49,0 M.-%	Diabazė

Užpildų tipas:	Diabazė ($\rho_{p,G} = 2,850 \text{ g/cm}^3$) Klinčių užpildas ($\rho_{p,G} = 2,800 \text{ g/cm}^3$)
Rišiklis:	Elastopave 6551/102 + ISO PMDI 92140 Santykis 100:84 (poliolis : izocianatas) Santykis 100:65 (poliolis : izocianatas) Elastanas 6568/119 Elastanas 6568/120/S
Rišiklio turinys:	5,5 wt.-%

Tiriami variantai:

V-EP 84:	Elastopave santykis 100:84 (poliolis : izocianatas)
V-EP 65:	Elastopave santykis 100:65 (poliolis : izocianatas)
V-EL 119:	Elastanas 6568/119
V-EL 120:	Elastanas 6568/120/S



Bandomųjų plokštelių gamyba buvo atlikta RWTH Aacheno universiteto Greitkelių inžinerijos instituto laboratorijoje. Šiuo tikslu išdžiovintas užpildas buvo sveriamas, kol pasiekė masės konsistenciją, laikantis granulometrinės sudėties kreivės rodiklių. Be to, jis buvo sumaišytas su atitinkama poliuretano sistema iki jo visiško sudrėkinimo, ir vėliau perneštas į modifikuotas ritinių sektorių formas. Po to jis buvo sutankintas rankiniu voleliu. Atskirų mėginių variantų palyginimas buvo užtikrintas kontroliuojant pasvertą mišinio dalį.

Po septynių dienų kietėjimo, poliuretano-asfalto bandomosios plokštelės buvo nuimtos nuo formos. Iš jų buvo pašalinti 100 mm skersmens gręžimo strypai. Po to tiriamieji mėginiai buvo plaunami ir 24 valandas džiovinami traukos spintelėje. Siekiant užtikrinti visišką išdžiūvimą, mėginiai buvo džiovinami 105°C temperatūroje, po to – matuojami ir sveriami. Taip pat buvo nustatytas jų tankis. Visą laiką tiriamieji mėginiai buvo laikomi 20°C kambario temperatūroje.

3. Tankio ir absoliučiai tuščios erdvės nustatymas

3.1 Preliminarios pastabos

Nustatant mišrios medžiagos tankį purioje būsenoje, buvo daroma prielaida, kad vidutinis užpildų tankis yra $\rho_{P,G} = 2,850 \text{ g/cm}^3$, taip pat vidutinis rišiklio kiekis yra $B = 5,5 \text{ wt.-%}$, o vidutinis rišiklio tankis purioje būsenoje yra $\rho_B = 1,100 \text{ g/cm}^3$.

Mėginio anga: 36 šerdys
(devynios 100 mm skersmens šerdys vienam variantui)

Bandymo dokumentai: Asfalto techninio bandymo specifikacijos, segmentas: asfalto tiriamojo mėginio tankis
(TP Asphalt-StB, 6 segmentas); 2012 m. leidinys.

3.2 Fizikinių-techninių tyrimų rezultatai

2 lentelė. Tankis ir tuščia erdvė, pagal TP Asphalt-StB 6 segmentą

Tiriamasis mėginys	Tankis		Mišrios medžiagos tankis purioje būsenoje	Tuščių erdvių tūris	
	ρ_b			ρ_m	V
	g/cm^3	STABW	g/cm^3	Vol.-%	STABW
V-EP 84	1,826	0,026	2,620	30,3	0,987
V-EP 65	1,815	0,012	2,620	30,7	0,460
V-EL 119	1,807	0,024	2,620	31,0	0,919
V-EL 120	1,859	0,026	2,620	29,0	0,787

4. Tempimo stipris

4.1 Preliminarios pastabos

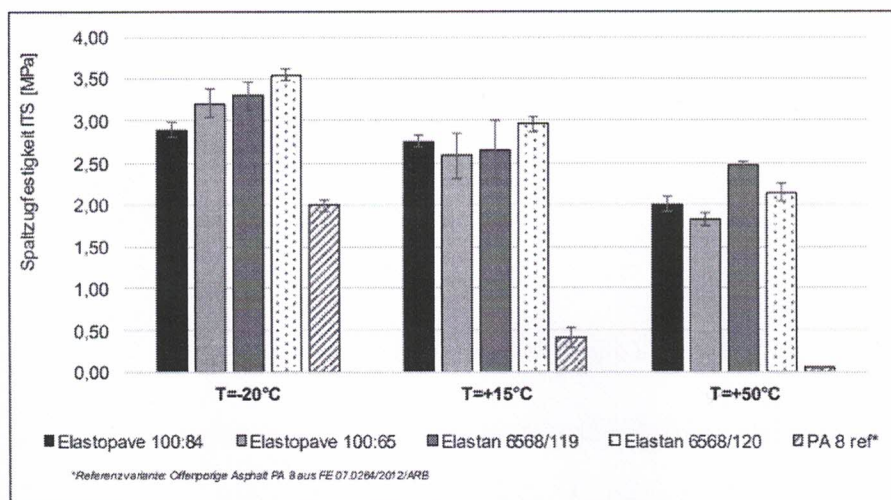
Medžiagos stiprumui įvertinti tempimo stipris buvo naudojamas atliekant netiesioginį tempimo stiprumo bandymą trimis skirtingomis temperatūromis pagal TP Asphalt-StB 23 segmento sąlygas: *asfalto tiriamojo mėginio tempimo stipris*.

Cilindro formos mėginys yra nuolat veikiamas skersinės darbinės apkrovos slėgio bandymo kameroje tarp dviejų apkrovos juostų, kad būtų galima nustatyti tempimo stiprį. Apkrovos padavimo greitis turi būti pastovus 50 mm/min, kol bus pasiekta maksimali apkrova F. Suspaudimo stipris ir vertikalus, netiesioginis



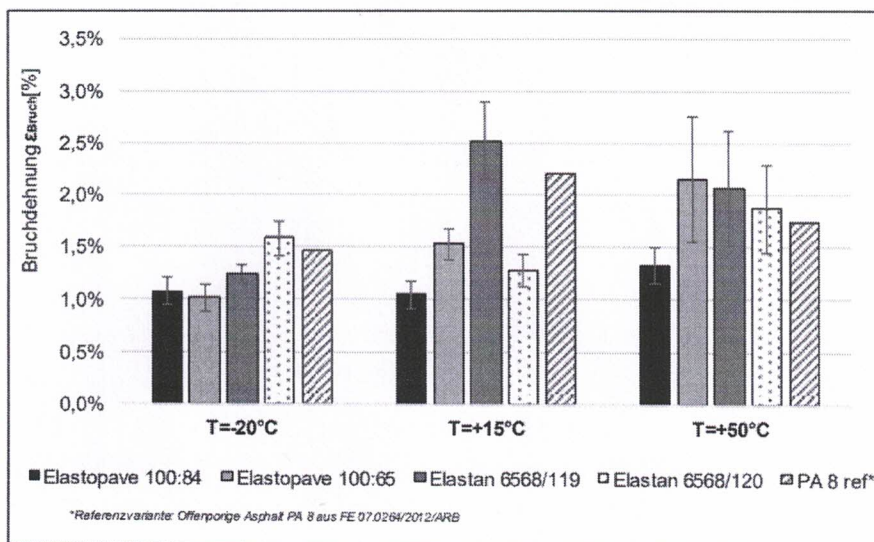
tempimo stipris atsiranda mėginyje dėl skersinės apkrovos. Tempimo stipris NTS (Netiesioginio tempimo stipris) – tai pasipriešinimas, apskaičiuotas pagal maksimalią apkrovą F ir mėginių geometriją. Netiesioginio įtempimo bandymo rezultatai pavaizduoti toliau pateiktuose 1 ir 2 paveiksluose, taip pat 3, 4 ir 5 lentelėse. Pateikti tempimo stiprio NTS duomenys rodo trijų atskirų kiekvieno varianto bandymų vidurkius.

4.2 Fizikinių-techninių tyrimų rezultatai



1 pav.: Tempimo stiprio palyginimas atliekant netiesioginio įtempimo bandymą

Pateikti rezultatai rodo, kad, palyginus su PA 8 pavyzdiniu variantu, kelio dangos poliuretano pagrindu variantai pasiekė žymiai aukštesnių rodiklių visame temperatūros diapazone. Pavyzdinis variantas iš pradžių pasižymi palyginti dideliu stabilumu -20°C temperatūroje, tačiau kylant temperatūrai mažėja, o poliuretano varianto tempimo stipris išlieka labai stabilus iki +50°C temperatūros. Net jei tiriami poliuretano variantai turi nuo temperatūros priklausančią medžiagą, jos poveikis stiprumo savybėms išlieka palyginti mažas. Kadangi pateikti NTS rezultatai buvo gauti tik pasiekus maksimalią apkrovą, pagrįstam vertinimui papildomai buvo naudojama nuo deformacijos krypties priklausanti stiprio kryptis.



2 pav.: Pailgėjimų plyšimo metu palyginimas



Šiuo klausimu galima pripažinti, kad pavyzdinis variantas yra veikiamas aukšta temperatūra. Didelis tempimo stiprio sumažėjimas gali būti pripažintas kylant temperatūrai. Kalbant apie kelio dangos poliuretano pagrindu variantus, šis poveikis akivaizdžiai mažesnis.

Čia reikia atkreipti dėmesį į geresnes bei elastingesnes variantų charakteristikas žemesnėje temperatūroje, kurie vaidina akivaizdžiai geresnį vaidmenį vertinant šiluminės charakteristikas.

Mažesnis temperatūros poveikis stiprumo savybėms bei kelio dangos poliuretano pagrindu variantų medžiagos elastingumui yra nepaprastai naudingas, kadangi aukštos temperatūros sąlygomis tai leidžia išvengti mirtinos materialinės žalos dėl likusios deformacijos.

3 lentelė: Tempimo stipris netiesioginį tempimo bandymo metu pagal TP Asphalt-StB 23 segmentą, T=-20°C

Variantas	Maksimali apkrova [kN]	Tempimo stipris NTS [MPa]	Plyšimo tipas
V-EP84 (-20°C)	19,62	2,90	Plyšimas tempiant
V-EP65 (-20°C)	21,59	3,22	Plyšimas tempiant
V-EL119 (-20°C)	22,09	3,30	Plyšimas tempiant
V-EL 120 (-20°C)	23,44	3,55	Plyšimas tempiant

(Detalūs bandymo rezultatai pateikti priede).

4 lentelė: Tempimo stipris netiesioginį tempimo bandymo metu pagal TP Asphalt-StB 23 segmentą, T=+15°C

Variantas	Maksimali apkrova [kN]	Tempimo stipris NTS [MPa]	Plyšimo tipas
V-EP84 (+15°C)	18,30	2,76	Plyšimas tempiant
V-EP65 (+15°C)	17,21	2,59	Plyšimas tempiant
V-EL119 (+15°C)	17,97	2,66	Plyšimas tempiant
V-EL 120 (+15°C)	19,44	2,96	Plyšimas tempiant

(Detalūs bandymo rezultatai pateikti priede).

5 lentelė: Tempimo stipris netiesioginį tempimo bandymo metu pagal TP Asphalt-StB 23 segmentą, T=+50°C

Variantas	Maksimali apkrova [kN]	Tempimo stipris NTS [MPa]	Plyšimo tipas
V-EP84 (+50°C)	13,53	2,01	Plyšimas tempiant
V-EP65 (+50°C)	12,41	1,83	Plyšimas tempiant
V-EL119 (+50°C)	16,62	2,48	Plyšimas tempiant
V-EL 120 (+50°C)	14,32	2,15	Plyšimas tempiant

(Detalūs bandymo rezultatai pateikti priede).

Vertimo tikrumas tvirtinamas vertėjo spaudu ir parašu.

Vertėjas įspėtas dėl baudžiamosios atsakomybės už žinomai melagingą vertimą.

Vertė Violeta Martinskaitė-Vasilik

Vilniaus 123

76294 Šiauliai

Tel./faks.: (41) 430795

