

LES PROPRIÉTÉS DE DÉFORMATION DES MÉLANGES UTILISÉS POUR LA CONSTRUCTION DES COUCHES CONSTRUCTEURS

F. SCHLOSSER & K. ZGUTOVA & V. HIRES & B. NEMEC & E. KRIZOVENSKA & J. SRAMEK

Département de gestion de la construction, de l'Université de Zilina, en Slovaquie
ktms@fstav.uniza.sk

ABSTRACT

La qualité de la chaussée influence la conception correcte, les matériaux utilisés de façon appropriée, les impacts climatiques et la discipline technologique. Propriétés de déformation des mélanges utilisés pour la construction des couches de la construction de chaussée déterminé par des méthodes dynamiques et la fatigue – sous la forme d'épreuve fonctionnel - vous permet de concevoir la chaussée pour qu'elle correspond à la charge de transport attendue pendant toute la durée de vie. La qualité de mélange exprime aussi la résistance à la déformation permanente. Module de rigidité complexe, les courbes principales et la fatigue peuvent fidèlement caractériser le mélange conçu d'agrégats et d'ingrédients cimenté par asphalte. Sur la piste d'essai circulaire ont a évalué les mélanges avec liant d'asphalte classique ou liant modifié et additifs.

1. INTRODUCTION

En travaux routières différents procédés d'essai des mélanges d'asphalte doivent être vérifiée, pour qu'ils correspondent à la modèle d'une matière flexible au niveau des liaisons. Examen dynamique permet mieux évaluer des mélanges utilisés en travaux routières. L'essieu de la voiture penadant le passage sur surface de la communication routière oscille généralement par fréquence de 6 à 25 Hz, ce qui correspond aux passages des véhicules pendant le trafic normal [1]. En Slovaquie pour la conception des couches structurelles de la chaussée est utilisé la méthode de dimension, qui considère le module d'élasticité dynamique (E), le coefficient de Poisson (μ) et de résistance à la traction en flexion ($R_{i,t}$). Module d'élasticité dynamique est déterminée par les essais de choc.

Les propriétés rhéologiques des matériaux de construction routière caractérisent des modèles de masse qui expriment les propriétés des mélanges d'asphalte dans le système des structures de chaussée à liant plastique [1], [2]. Matériaux et liants pour la couche d'usure de chaussée créent la substance flexible au niveau des liaisons. Qualité du mélange peut être évaluée par

- module statique de fluage, qui est utilisé pour vérifier les propriétés de déformation des matériaux cimenté par asphalte,
- un module complexe, qui décrit mieux dans la domaine des nombres complexes le comportement de matériaux flexible au niveau des liaisons, qui forment le portant et couche d'usure de chaussée. Il est exprimé surtout dépendant de la taille des forces agissant harmonique, de la température de l'échantillon et de l'environnement, de la fréquence du chargement par force harmonique. Les essais devrait procéder à la même fréquence que l'essieu du véhicule oscille pendant le déplacement par la route dans des conditions normales,
- la durée de la vie des matériaux cimentés exprimé par la fatigue des matériaux pendant la fréquence et la température d'essais en dépendance de la même déformation ou de la tension pendant l'essai [9].

2. PROPRIÉTÉS DE DÉFORMATION

Capacité de régime de la communication routière est en mesure essentielle dépendant des caractéristiques déformatives et résistantes des matériaux qui constituent la couverture des chaussées à liant plastique. Les caractéristiques fondamentales de la déformation comprends le module d'élasticité, le module de déformation, le module de rigidité, le module de fluage, le coefficient de Poisson. Les caractéristiques fondamentales de résistance c'est la stabilité, la résistance à la pression, résistance à la flexion et la résistance au fendage.

Méthodes d'essai pour la conception et le contrôle des matériaux de construction routière déterminent des conditions essentiels valables pour le matériel souple. Matériaux en vue de propriétés de déformation, sont divisés en solides, visqueux et plastique. *La rigidité* du matériau est caractérisée par la dépendance directe marquée par des tensions et la transformation. *La viscosité* est exprimée avec la proportionnalité directe à la force de la résistance (tension) de vitesse de déformation. *La plasticité* est caractérisée hors la limite d'élasticité et n'a aucun lien direct entre le tention et la transformation. Il est prévu que les matériaux de construction de routes agissent comme des substances parfaitement flexibles et que leurs déformations sont immédiats et réversibles [12].

L'effet de la majorité des matériaux de construction routiers chargés à court et à long durée sont présenté par la théorie de Boltzmann de linéairement matériaux flexible au niveau des liaisons, qui reflète mieux les effets d'effort répété (de fatigue). La plupart des matériaux de construction de routes sont caractérisés comme la masse linéairement flexible au niveau des liaisons, qui est schématisée dans la théorie de Boltzmann par un modèle mécanique, créé par un système de ressorts (la flexibilité) et silencieux (la viscosité), situé derrière ou à côté les uns aux autres, qui peut être déformé par réversible (immédiat, retardée) ou par variables déformations permanentes.

Pour la masse linéairement flexible au niveau des liaisons [10] chargé par tension harmoniquement varié $\sigma = \sigma_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ est également la déformation pour oscillation forcé harmoniquement variable. Il se passe à la phasique retard ε et σ donc $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \cos(\omega t + \psi)$ quand $\varphi \neq \psi$.

Le module complexe $E^*(\omega)$ est un nombre complexe, qui a la forme

$$E_{(i\omega)}^* = E_1 + iE_2$$

$$E_1 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot \cos(\psi - \varphi)$$

$$E_2 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot \sin(\psi - \varphi)$$

E1 - composante réelle, qui caractérise les propriétés élastiques [MPa]

E2 - une composante imaginaire, qui caractérise les propriétés de viscosité [MPa]

$$\alpha = \psi - \varphi = \arctg \frac{E_2}{E_1}$$

Division $\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$ est égale à la valeur absolue de module complexe et exprime le module de la rigidité S

$$S = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} = |E_{(i\omega)}^*| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

Pour évaluation des mélanges on utilise

- *module fluage* - le rapport de tension permanente et la déformation variable dans le temps
- *module complexe* - Le rapport de la tension et de déformation en régime permanent, harmonique variable oscillation considérant leur décalage temporel

La valeur absolue du module complexe (module de rigidité) est égale au module fluage pour la durée de charge $t = \frac{1}{\omega}$ et permet de comparer mutuellement les résultats de mesures obtenues par des essais statiques et dynamiques. Plus avantageux est utiliser des méthodes dynamiques de mesure de caractéristiques de déformation du mélange d'asphalte qui forme la couche constructive de la route.

Mesure du module complexe de rigidité est réalisée à court charge harmonique alternée. Ce mesure exprime la division entre l'amplitude maximale de la tension d'excitation (σ_0) et le déformation qu'elle évoque (ε_0), et leur déphasage (φ). L'élément de linéaire matériel flexible au niveau des liaisons est influencé par la tension (la force), qui varie sinusoïdalement dans le temps, la déformation (contrainte) varie dans le temps avec la même fréquence que la tension, mais il est retardé en phase. Représentation graphique de mesure et évaluation de la module complexe visible sur la Fig. 1 et [10].

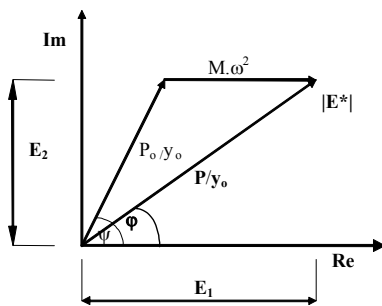


Figure 1 - Complex modulus [10]

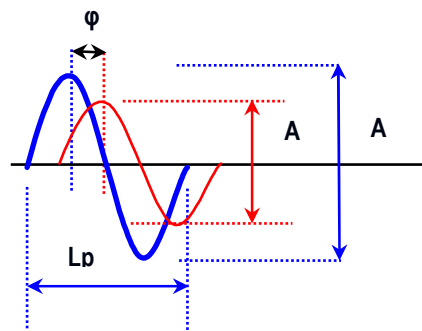


Figure 2 - La mesure de module complexe
LP - durée de la période, φ déphasage, As- les forces d'amplitude; Ad-déformations d'amplitude

Pour la mesure et l'évaluation on a utilisée le model de la masse de Burgers (Figure 3) des corps en forme de trapezoid (figure 4) [10]

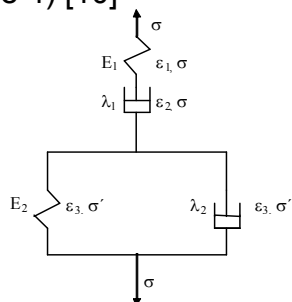


Figure 3 – La masse de Burgers

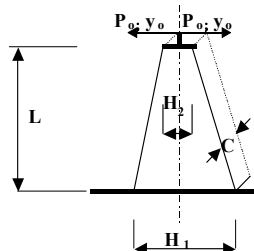


Figure 4 – Éprouvette en forme de trapezoid

Piste d'essai circulaire (Figure 5) a été divisé en 6 sections (Figure 6) avec différente construction de chaussée [12]. La charge simulée a été créé par l'appareil de test avec trois branches . Au bout de chaque bras il était possible de simuler la charge de 100 kN et plus tard, à une autre composition de chaussée, charge 115 kN. Ces bras ont permet la charge à des distances différentes de l'axe. Pour cette raison, certaines bandes de chaussée (dans l'arrangement au largeur) chargés avec différents nombres de passages. Les couches structurales du liant asphalté ont été placés sur des matériaux non collés ou les matériaux collés à la base de liants hydrauliques.

On a choisi le procédé et la méthode de mesure:

- des blocs des différentes sections étaient coupés des sections dans l'espace de passage par la roue de chargement et de distance différente de la couverture, où la chaussée n'était pas chargé (la chaussée était influencé seulement par les effets climatiques)
- à partir des blocs ont été coupés éprouvettes en forme de trapèzoïde et ont été évalués:
 - o les propriétés de déformation - module, et le module complexe (rigidité)
 - o la fatigue.

Mesure et évaluation ont été réalisées à une température correspondant à la méthode de conception utilisée en République slovaque 0 °C, +11 °C, +27 °C et à fréquences différentes des forces de charge.

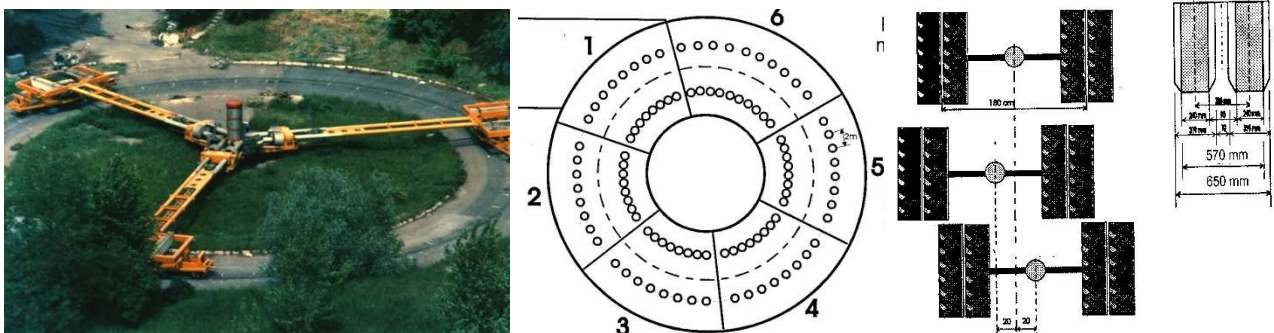


Figure 5 – Scheme of the piste d'essai circulaire

Legend: bias tyre construction 12,00-20; tire profile MP600; average 1130 mm; truck rim 8,50; loading capacity 3250 kg; inflation 700 kPa

1		2		3		4		5		6		
Comparatif section		Technologie froide		Technologie froide		Mixture torride		Mixture torride		Experience (de route base)		± 0.00
ABSI	40 mm	AKMS	25 mm	AKMS	25 mm	AKMS (PmB)	40 mm	AKMS (PmB)	40 mm	AKMS	40 mm	-40.00
ABVHI (PmB)	70 mm	ABVHI (PmB)	70 mm	ABVHI (PmB)	70 mm	ABVHI (PmB2)	70 mm	ABVHI (PmB2)	70 mm	ABVHI (B)	70 mm	-110.00
SCI	200 mm	SCI	200 mm	SCI	200 mm	SCI	200 mm	SCI	200 mm	SI 200 mm SII 200 mm PTS	PTS	-310.00
SD	200 mm	SD	200 mm	SD	200 mm	SD	200 mm	SD	200 mm	SD	200 mm	-510.00
Ep	45 MPa	Ep	45 MPa	Ep	45 MPa	Ep	45 MPa	Ep	45 MPa	Ep	45 MPa	
16 m		16 m		16 m		16 m		16 m		16 m		

ABS - ACsurf; ABVH (PmB)-ACbin; AKMS – SMA; SD – crushed material

Figure 6 – La construction de chaussée en sections

Différentes sections ont été identifiées sur une piste d'essai circulaire, dans lesquels ont été utilisés des mélanges destinés pour des examens expérimentaux. Les mélanges ont été conçus avec des liants classiques et liants modifiés ou la couche de structure avec des matériaux non conventionnels. Mélanges chargées (symbole p) et déchargées (symbole n) avec la charge de trafic (tableau 1 et 2) ont été examinées.

2. RESULTATS DES MESURES

Les résultats des mesures des mélanges sélectionnés qui sont incorporé au couches de structure des chaussées autour de la piste d'essai sont présentés dans le Tableau 1.

3.1. Module statique de fluage ($S_{i(t)}$)

Les valeurs moyennes du module statique de fluage $S_{i(t)}$ pour des mélanges type AKMS (SMA 11), ABS (AC 11) et ABVH (AC 22), qui ont été mesurés de 1999 à 2001 figurent au tableau 1. On constate des conclusions suivantes des résultats récent mesurés:

- le plus grand effet de la température sur le processus de dépendance de la valeur $S_{i(t)}$ sur la température est en aire de la température de + 11 °C à +27 °C, qui se traduit par une baisse plus significant de la valeur $S_{i(t)}$ comme dans l'espace de 0 °C à +11 °C
- les changements des valeurs de température de +27 °C à +40 °C ne sont pas importants, les résultats plus favorables se présentent avec l'utilisation de liant modifié
- les meilleures propriétés des mélanges ont été observées en utilisant le liant PmB2.

Autres mesures ont été faites également à +40 °C - en plus encontre de la méthode de conception. Différences par rapport à une température de +27 °C ne sont pas pertinents.

Tableau 1 - Exemple d'évaluation de $S_{i(t)}$ type de mélange SMA (AKM) et AC (ABVH) (sans chargé de transport)

Type des mélanges avec des liants modifiés	Module statique de fluage de résistance à la flexion $S_{i(t)}$ [MPa]			
	0 °C	+11 °C	+27 °C	+ 40 °C
SMA 11,4n97 (PmB)	491.0	44.4	11.5	-
SMA 11,4n98 (PmB)	412.0	130.0	50.5	25.9
AC 22,4n98 (PmB2)	736.9	392.0	84.3	30.8

3.2. Le module complexe

Les valeurs observées ont été évaluées comme moyennes pour des températures de 0 °C +11 °C +27 °C et sur les mélanges sélectionnés à +40 °C et à différente fréquence de force agissant. Avec les résultats obtenus par la mesure des couches structurales déchargées et chargées par les effets de roulage avec le chariot qui pesait 100 kN résulte:

- avec la diminution de la température croissent les valeurs E^* , E_1 , E_2 , et au contraire l'angle de phase φ (FI) diminue
- la plus grande valeur de E^* a été atteint à 0 °C (8377 MPa pour le mélange AKMSp97≡SMA 11,4p97) la valeur d'angle de phase (φ) dépend de la température, des valeurs plus petites ont été obtenus à ± 0 °C, quand le composant élastique de matériau flexible au niveau des liaisons est manifesté. Des valeurs plus élevées de l'angle de phase ont été détectées à +27 °C, où on voit plus grande effet de plasticité
- la valeur de la tension maximale (σ_0) est une expression de la grandeur d'excitation de force harmonique (P_0), qui opère sur l'extrémité libre de l'éprouvette. Selon la norme STN 73 6160 la déviation était $\pm 0,1$ mm (pour tous les mesures)

- le mélange SMA a été évaluée AKMS, 4n98 (SMA 11, 4n98) déchargé par les effets de roulage et le même mélange chargée par les effets de roulage avec le chariot de chargement qui pesait 115 kN AKMS, 4p98 (SMA 11, 4p98)
- avec augmentation de la température la valeur de E^* , E_1 , E_2 diminue chez des deux mélanges et au contraire la valeur de l'angle de phase augment. Le mélange déchargé présente des valeurs plus élevés de E^* , E_1 , E_2 , ce qui correspond à la fatigue de matériau.

Évaluation finale des mélanges chargés et déchargés par le charge de trafic (le chariot de chargement 115 kN) est dans tab. 2.

Tableau 2 - Évaluation des propriétés de déformation des mélanges sélectionnés SMA 11 (AKMS), AC 22 (ABVH)

Le mélange	La température [°C]	La fréquence [Hz]	Le modul complexe [MPa]			φ [°]	$S_{i(t)}$ [MPa]
			E_1	E_2	E^* (S)		
SMA 11p (PmB)	40	8.3	344	254	430	36.3	20.5
	27	8.3	1469	982	1769	33.6	32.4
	11	8.3	4684	2096	5139	24.1	88.4
	0	8.3	5432	1726	5587	17.7	376.4
SMA 11n (PmB)	40	8.3	357	288	459	38,7	25.9
	27	8.3	1655	1030	1951	31.6	50.5
	11	8.3	4810	2132	5261	23.9	130.2
	0	8.3	6771	2390	7180	19.4	412.9
SMA 11n (PmB)	0	5	6080	2312	6505	20.2	412.9
	0	8.3	6771	2390	7180	19.4	412.9
	0	10	7217	2413	7612	18.6	412.9
	0	15	7562	2420	7942	17.8	412.9
SMA 11,4n98	40	8.3	357.4	288.1	459	-	25.9
SMA 11,4p98	40	8.3	343.8	254.1	429	-	20.5
AC 22,4n98	40	8.3	617.3	404.6	738	-	30.8
AC 22,4p98	40	8.3	454.0	318.9	554	-	30.6
SAM 11-1.3	40	5.0	239	149	282	-	14.0
	40	8.3	294	222	370	-	14.0
	40	10.0	333	225	404	-	14.0
	40	15.0	386	304	493	-	14.0

Pour évaluation en aide des courbes principal - après l'introduction du constante de gaz – est valable à une fréquence de 3-97 Hz relation [16]

$$\alpha_T = \exp \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s} \right)$$

ΔH - l'énergie d'activation apparente ($2 \cdot 10^5 \text{ Jmo}^{-1}$)

R - la constante des gaz universelle ($8,31434 \text{ Jmo}^{-1} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$)

T, T_s - les températures exprimées en $^\circ\text{K}$ (T_s est la température de référence).

La figure 7 montre le changement d'un module complexe avec différentes températures et la fréquence de la force d'excitation (lignes continues). Des valeurs discrètes (Fig. 7) montrent le changement du module complexe à une température constante, mais différente fréquence de la force d'excitation et de divers mélanges vérifiée à une température et une fréquence constante.

Des résultats de mesure ressortissent des notions [9]:

- à l'augmentation de la fréquence de force d'excitation augmentent des valeurs d'un module complexe en valeur réelle, imaginaire et absolue
- les valeurs de module complexe sont en effet dépendants de la température de l'air et de corps. Avec augmentation de la température diminue de manière significative la valeur d'un module complexe
- angle de phase (reflète le retard d'une déformation et de force agissante due aux forces d'inertie en puissance d'excitation en opposition de phase) augmente avec la température. Son changement n'est pas significatif en changeant la fréquence de la force d'excitation et à température constante,
- des asphaltes modifiés utilisés pour la création de mélange contribuent à l'amélioration des propriétés de déformation. Les mélanges sont moins sensibles à la température, ce qui cause une amélioration en termes de :
 - les températures basses – l'aire flexible agrandi aux températures basses pendant le période de gel
 - les températures hautes - des mélanges sont plus résistants contre déformation permanente aux températures plus hautes en été, ce qui est très importante dans la zone climatique de la République Slovaque en vue de la variation fréquente des températures de surface de la chaussée en été (supérieures à 60 °C) et en hiver (moins de -20 °C).

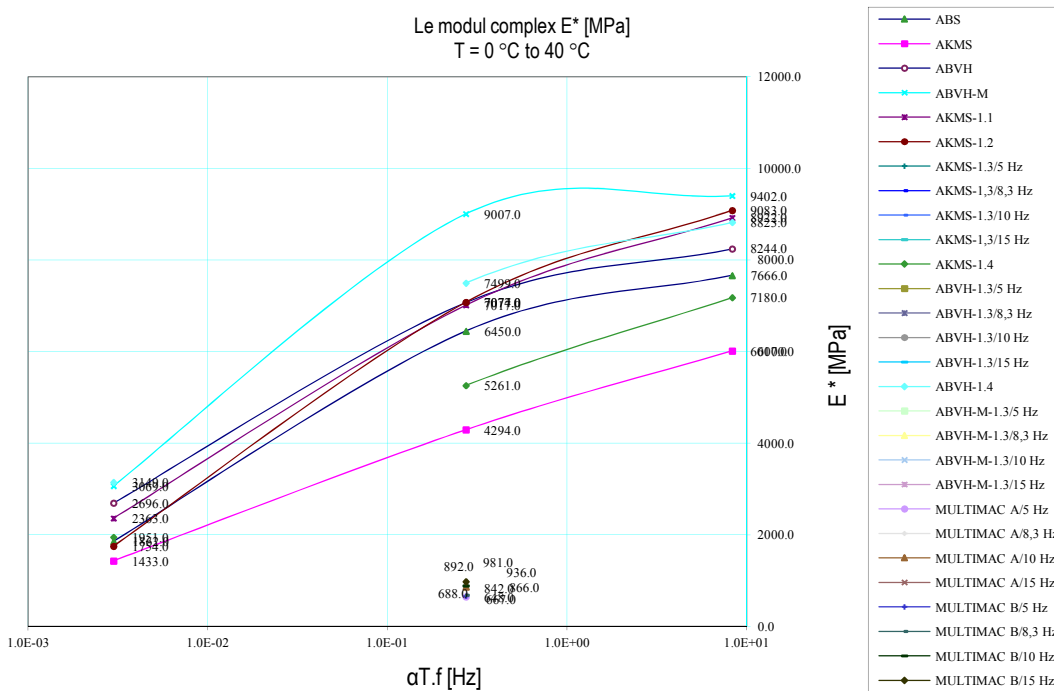


Figure 7 - courbes plat de certains composés à l'étude

Dans les mélanges en KSD nous avons suivi aussi l'impact de fréquence de chargement. Des résultats mesurés montrent que:

- par l'augmentation de la fréquence de chargement à la même température augmente la valeur du module complexe E*, de composante réelle E₁, de composante imaginaire E₂
- la valeur d'angle de phase φ (FI) par l'influence de fréquence ne change pas de manière significative, l'impact de fréquence n'est pas important en termes des valeurs de conception ou des valeurs calculées d'un module complexe dans la conception des mélanges d'asphalte est dans cette gamme de fréquences (6-25 Hz, ce qui correspond

aux vibrations du véhicule), parce que la valeur E^* ne change pas de manière significative

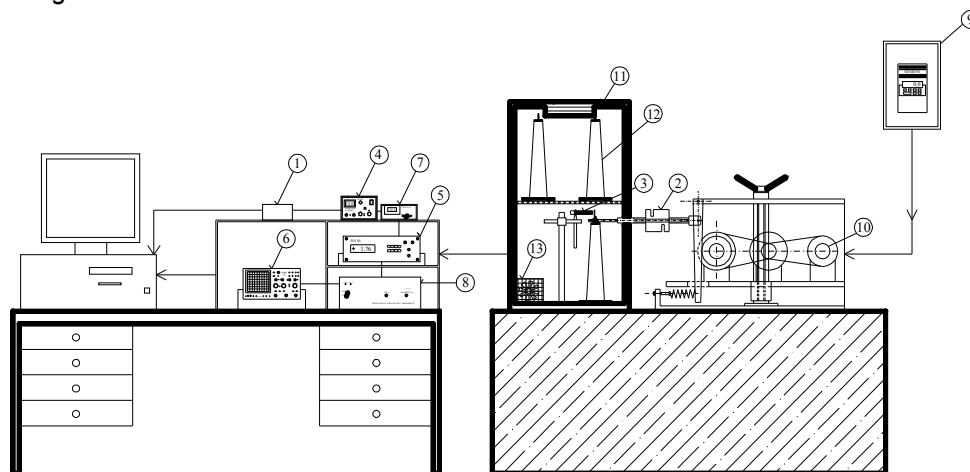
- pendant la mesure il est profitable d'utiliser la fréquence d'excitation force(harmonique) de 10 Hz, tel que recommande la norme européenne (EN 12697-24) considérant de la température recommandée pour les essais. Les mesures doivent être effectuées dans des conditions suivantes :
 - la température d'air et de corps + 15 ° C
 - la fréquence de la force d'excitation de 10 Hz
 - la variation de l'extrémité libre $\varepsilon \leq 50 \cdot 10^{-6}$
- par augmentation de la température diminue la valeur d'un module complexe, des composantes réelles et imaginaires, tandis que la valeur de l'angle de phase augmente
- le mélange type SMA (AKMS) a des valeurs plus élevées de E_1 , E_2 , E^* utilisant de liants modifiés par rapport aux liants classiques dans le mélange
- aux mélanges évalués ont été mesurés des valeurs plus hautes de déformation relative (ε_0) comme dans l'utilisation des liants classiques
- le changement d'angle φ (FI) exprime des propriétés plastiques des mélanges. L'augmentation plus grande est mesurée dans la champ de température de +11 °C à +27 °C par rapport aux valeurs obtenues à partir de la mesure dans la champ de température de 0 à 11 °C. La plus forte augmentation a été observée pour le mélange SMA (AKMS).

L'impact de fibres de cellulose a été vérifié au paramètre de mélange type SMA (AKM) [1]. Le résultat de vérification et les propriétés de la déformation sont écrites dans le tableau.3.

Tab. 3 - Résultats des mesures expérimentales

Mixture	Température [°C]	E^* [MPa]	$S_{i(t)}$ [MPa]	$y(t)$ [mm]	φ [°]	σ_0 [10^{-2} MPa]	ε_0 [$1 \cdot 10^{-6}$]
AKM	27	2884.5	30.78	0.4593	44.64	19.80	6.902
	11	6586.0	218.58	0.1585	30.24	44.35	6.773
	0	7644.5	716.70	0.1028	20.05	49.13	6.633
AKM+	27	3363.8	39.67	0.3727	44.80	22.53	6.706
	11	7658,0	337.78	0.1059	23.42	41.65	5.465
	0	9363.5	796.03	0.0885	14.86	43.85	5.945

Note: + un mélange AKM avec de fibres de cellulose



1-analog converter; 2-pressure transducer; 3-deformation transducer; 4-electric source of transducers; 5-voltohmmeter; 6-oscilloscope; 7-converter and regulator of temperature; 8-converter of pressure and deformation; 9-frequency converter; 10-pressure exciter; 11-conditioning chamber; 12-specimens; 13-ventilator

Figure 8 - Schéma de test equipment

La déformation relative change dans une faible mesure. Les notions acquises confirment l'effet de la température sur les propriétés rhéologiques des mélanges d'asphalte où l'effet d'ingrédient des fibres cellulosiques a été vérifié (au liant fondamental classique). Lorsque on compare les caractéristiques de déformation de tapis en mastic de bitume sans stabilisant SMA (AKM) et tapis en mastic de bitume avec des fibres cellulosiques SMA+ (AKM +) a été trouvé le module de fluage plus petit et le module complexe de rigidité. Il y avait mesurés des petites différences dans les valeurs de déphasage. SMA+ (AKM+) à haute température a la rigidité plus grande et alors la résistance de mélange amélioré contre la présence des déformations permanentes. Aux températures basses il possède plus grand module du fluage et alors la résistance plus forte contre la formation des déchirures.

Les tests du module complexe et la fatigue ont été réalisés dans le laboratoire du ministère de la Gestion de la construction (figure 8). L'équipement fonctionne avec un écart constant. Il est possible de changer la fréquence et la température pour les essais. Alors, les mélanges étaient vérifiés avec liant classique et liant de bitume modifié.

En évaluation complète des propriétés de déformation des mélanges vérifiés sur le piste d'essai circulaire a été mesuré la plus grande variance des valeurs d'un module complexe et le module statique pour presque chaque mélange évalué à 11 °C (selon la méthode de dimensionnement actuelle en République Slovaque) ou +10 °C (selon la norme européenne).

3.3 Fatigue

Selon la méthode de la fatigue dimensionnement slovaque est donnée par

$$S = a - b \cdot \log N_i$$

où a, b - coefficients de la fatigue

N_i - nombre des périodes de sollicitation

À partir des mesures ont été déterminées les coefficients de la fatigue (a, b) des mélanges évalués. En méthode de dimensionnement sont des valeurs de calcul du coefficient inférieur à ≤ 1.0 . Coefficients de la fatigue b ont été trouvé pour les mélanges à une coefficient $a=1.0$ avec un liant classique (de l'asphalte) et modifié. Nous avons trouvé les durées de vie des mélanges d'asphalte, qui correspond à la valeur du coefficient b selon le type de couches constructives de chaussée. Le cours de la fatigue est montré (Figure 9) pour les mélanges type SMA (AKMS).

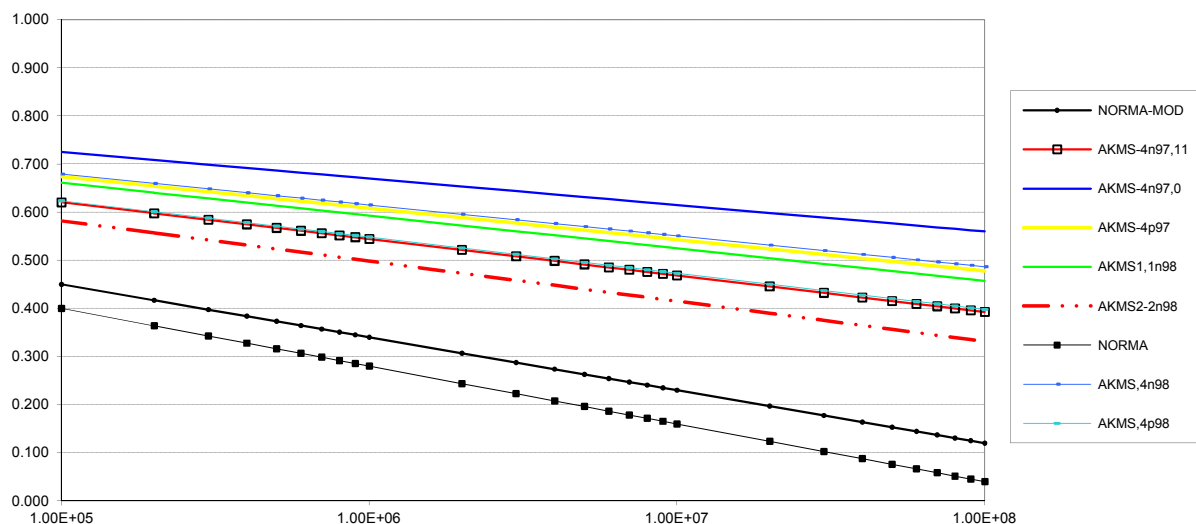


Figure 9 – La course de la fatigue de mélange SMA (AKMS)

Nous avons effectué les essais de la même façon sur des mélanges recyclés avec des liants composites. Nous avons utilisé la combinaison de l'asphalte résiduel dans le mélange, émulsion d'asphalte, le ciment et l'eau. Exemple de la ligne de fatigue de Wöhler est montré sur la figure 10.

Des mélanges évalués ont des valeurs de coefficient b pour:

- béton bitumineux à graine moyen et très épaisse
- ABS (AC 11) $S = 1 - 0.10 \log N$ ($b=0.10$; 0.078 – 0.129)
- ABVH (AC 22) $S = 1 - 0.06 \log N$ ($b=0.06$; 0.380 – 0.125)
- ABVH (PmB) (AC 22 PmB) $S = 1 - 0.07 \log N$ ($b=0.07$; 0.066 – 0.071)
- AKMS (SMA 11) $S = 1 - 0.07 \log N$ ($b=0.07$; 0.055 – 0.083).

Cours de la fatigue de mélange AKMS

- béton bitumineux I.class qualitative

AB I (avec liant classique) (AC I) $S = 1 - 0.090 \log N$

AB-M (avec liant modifié) (AC-M) $S = 1 - 0.075 \log N$

- le tapis en mastic de bitume

AKM (SMA): $S = 1 - 0.080 \log N$.

Pour les mélanges recyclés de type de béton bitumineux à base de liant bitume a été trouvé la durée de vie (nombre de chargements par l'essieu de conception) pour les mélanges:

- AB (AC) - un mélange recyclés sur la place $N_i = 1.02 \cdot 10^6$
- AB (AC) - mélange comparatif $N_i = 7.35 \cdot 10^6$
- AB (AC) - un mélange nouveau $N_i = 5.61 \cdot 10^6$

À partir des mesures (Figure 8) montre que le pire bien sûr - en termes de fatigue - le type de mélange ABS (AC) avec liant bitumineux classiques. Autres mélanges (type AKMS (SMA)) ont une baisse de plus doux et les mélanges de la vie est plus élevé que la norme attendue.

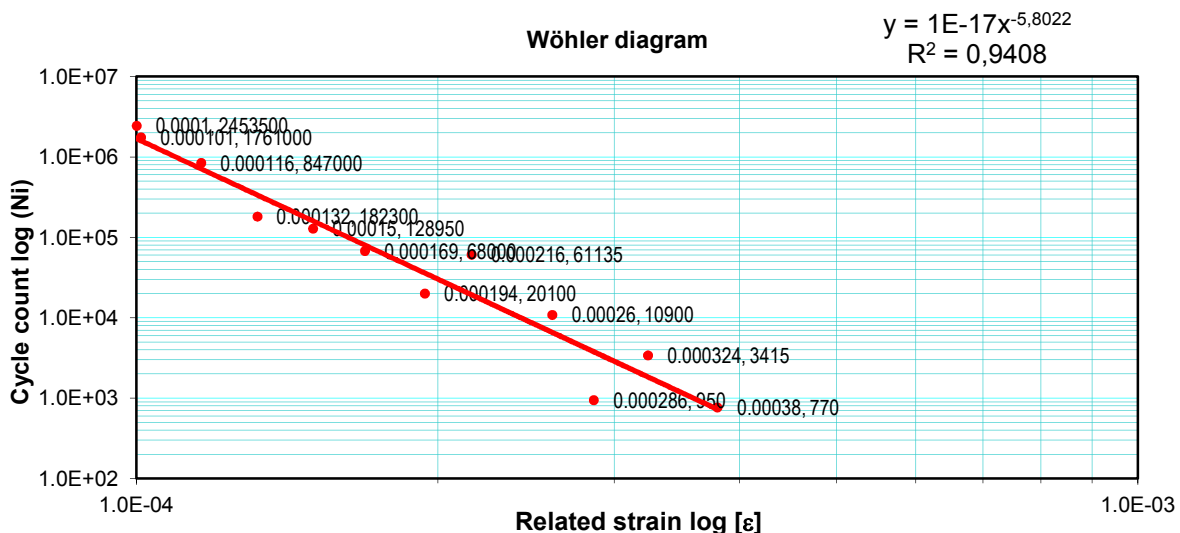


Figure 10 - Graphique diagramme de Wöhler des matériaux recyclés

Dans le cadre de la coopération internationale était la fatigue des mélanges testés avec différents liants.

Les échantillons ont été testés selon la norme EN 12697-24 annexe A (deux points de flexion méthode d'essai) [23], [24]. Dix échantillons de chaque mélange ont été testés à une température de +10 °C et la fréquence de 20 Hz. Les résultats des mesures ont été

évaluées, les paramètres de la fatigue ont été définis et la ligne de la fatigue pour chaque mélange d'asphalte a été déterminée (Figure 11).

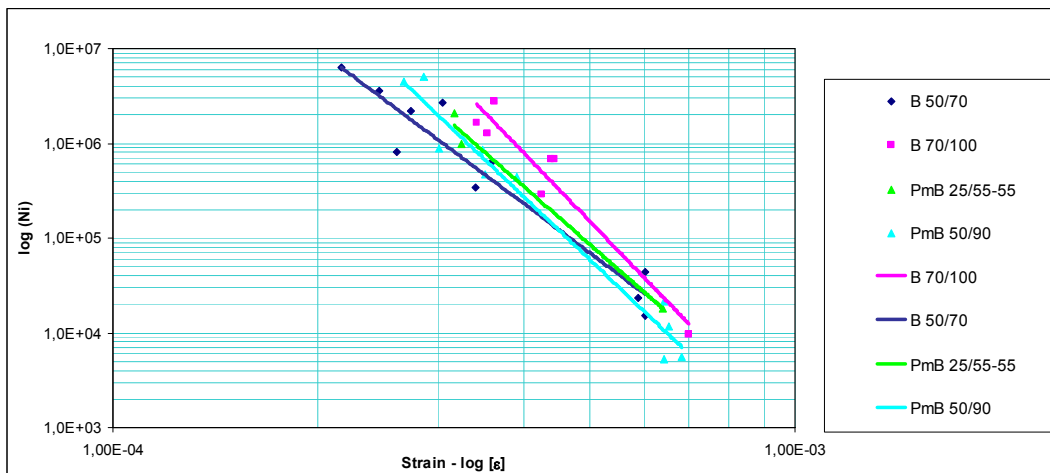


Figure 11 - Fatigue of the SPENS-mixtures [17]

Valeur de la déformation relative à 1 million de cycles (ϵ_6) selon le norme européenne [23] exprime la fatigue de éprouvette évalué. On présume que la charge de l'extrémité libre des trapezoides avec la puissance harmonique à trois écarts différents.

Des résultats importants [17] sont suivantes:

- le meilleur mélange a été AC 11 avec un liant B 70/100 (non modifié)
- les mélanges avec des liants modifiés par des polymères ont une résistance similaire à la fatigue
- les mélanges avec des liants modifiés par des polymères ont une résistance légèrement inférieure à la fatigue que AC 11 B 50/70, mais sont dans la même catégorie
- l'espacement entre ϵ_6 valeur de B 70/100 à partir de liants modifiés par des polymères est plus élevé que la différence de valeur entre ϵ_6 50/70 B et de polymère liants modifiés.

5. CONCLUSIONS

Les essais dynamiques des mélanges bitumineux représente mieux les effets dynamiques des véhicules en mouvement (de 6 à 25 Hz). Les matériaux viscoélastiques peuvent être testées en utilisant la méthode de module complexe.

Les caractéristiques physiques et mécaniques expriment le caractère de matériaux bitumineux renforcés. Les signes rhéologiques des matériaux sont testés avec la méthode de module complexe. Lors de la mesure on a découvert des caractéristiques de déformation des mélanges d'asphalte. Les mesures comparatives sur des mélanges chargés par effet de transport ont été effectuées, on a établi que, avec le déclin des valeurs de température du module de déformation statique, module complexe, le chargement maximum de force sur l'extrémité libre de trapezoide augmenté. Le décalage de phase diminue avec baisse de la température. Déviation de l'extrémité libre de l'échantillon a presque la même valeur du module de déformation statique à température +27 °C pour tous les mélanges comparés. Connaissances obtenues confirment l'influence de la température sur les propriétés de déformation des mélanges d'asphalte.

Les propriétés de déformation et la fatigue des matériaux cimentés d'asphalte affecte l'utilisation de bitumes modifiés et de fibres cellulosiques. Les valeur des propriétés de

déformation ,le module complexe (de rigidité) et la fatigue (la durée de vie) augmentent. L'utilisation de matériaux recyclés protège l'environnement, réduit la consommation des matériaux classiques de qualité et permet la construction ou la réparation de chaussées dans la capacité plus vide. Les propriétés de déformation et propriétés mécaniques des mélanges ont été vérifiées sur une piste d'essai circulaire et dans des conditions de laboratoire. Mélanges recyclés peuvent être utilisés dans les couches fondamentales de la chaussée et répondant aux critères exigés dans certains cas dans des couches d'usure de la chaussée.

LES REFERENCES

1. Schlosser, F. (1997). Deformačné vlastnosti stmelých materiálov Seminár Ivana Poliačka, Bratislava
2. Schlosser, F. (1999). Skúšanie asfaltových zmesí metódou E*. In Asfaltové vozovky '99, SILMOS Praha, České Budějovice 23.-24.11.1999, str. 140 – 146
3. Schlosser, F. (2000). Fatigue of the Asphalt Mixtures. In Zagadnienia materialowe w inżynierii lądowej. II. Konferencja Naukowo-Techniczna MATBUD'2000. Krakow – Mogilany, str. 300-307
4. Schlosser, F. (2001). Skúšanie asfaltových zmesí metódou E*. In Zborník Poznatky z kongresu EURASPHALT 2000, Slovenská asociácia pre asfaltové vozovky, Stará Lesná, str.53-58
5. Schlosser, F. (2001). Únava asfaltom stmelých materiálov netuhých vozoviek. In Zborník DIALNICA – Cestná infraštruktúra v SR, EXPO-EDUC, DT Košice, Podbanské, str.68-72
6. Schlosser, F. – Nemeč, B. – Križovenská, E. (2009). Hodnotenie únava asfaltom stmelých materiálov. In Q'-2009 Využívanie štruktúrnych fondov, Žilina
7. Schlosser, F. (2010). Komplexný modul a únava väzkopružných materiálov. In CzechStav, internetová konferencia, 25.-29.10.2010
8. Jachym, J. (2001). Komplexný modul a únava asfaltových zmesí. In Diplomová práca. ŽU v Žiline
9. Kralikova, Z. – Tiefenbacher, J. (1999). Deformačné vlastnosti asfaltových zmesí. In XI. medzinárodná vedecká konferencia, VUT Brno, str. 47-50
10. Luxemburk, F a kol. (1977). Aplikace teorie lineární viskoelastické hmoty v silničním stavitelství. Zborník, ČSVTS Praha
11. Ďurčanská, D. (1993). Experimentálne overenie reologických vlastností hydraulicky spevnených materiálov metódou komplexného modulu. Kandidátska dizertačná práca, VŠDS Žilina
12. Martinček, G. (1983). Dynamická diagnostika vozoviek, Veda Bratislava, 1983
13. Šrámek, J. (2010). Využitie recyklovaných materiálov v dopravnom stavitelstve. In: zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie CONECO 2010, Navrhovanie, príprava a realizácia stavieb. Tlač: TRIBUN EU, s.r.o., Brno. Bratislava, 25.3.2010, ISBN 978-80-7399-931-5, s. 290-295
14. Šrámek, J. (2010). Hodnotenie asfaltových zmesí podľa parametrov únava. In: zborník z 12. odbornej konferencie doktorandského štúdia Juniorstav 2010, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, zborník anotácií + CD s článkami, Brno 24. február 2010, ISBN 978-80-214-4042-5, s. 216 + 6 s.
15. Trojanova, M. - Zgutova, K. – Pepucha, L. - Pítonak, M. (2010). Inter-laboratory comparison of accredited laboratories in terms of benchmarking in Slovakia. Communications 3A/2010. University of Zilina. ISSN 1335-4205, p. 28-33
16. Verstraeten, J. (1972): Moduli and critical strains in repeated bending of bituminous mixes: application to pavement design. Ann. Arbor Proceedings Third International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements
17. SPENS (2008). Sustainable Pavements for European New member States. Sixth framework programme. Sustainable surface transport. Správa z etapy riešenia, ŽU v Žiline
18. VUIS-CESTY (1999). Overenie asfaltových technológií výstavby a opráv vozoviek diaľničnej a cestnej siete SR na Kruhovej skúšobnej dráhe, Správa Etapy 01
19. STN 73 6160 (1986). Skúšanie cestných bitúmenových zmesí
20. STN 73 6121 (1994). Hutnené asfaltové vrstvy
21. EN 13108-1:2000 (E): Road, airfields and trafficked areas Bituminous mixtures. Material specifications. Part 1. Asphalt concrete
22. EN 12697-6, Bituminous mixtures-Test methods for hot mix asphalt - Part 6: Determination of bulk density of bituminous specimen
23. EN12697-24:2003 (E): Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt – Part 24: Resistance to fatigue
24. EN 12697-26, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 26: Stiffness
25. EN 12697-27, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 27: Sampling
26. EN 12697-29, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt- Part 29: Determination of the dimensions
27. <http://www.abatech.com/documents/Master%20Curve.pdf> (2011)