

NON-LINEAR MASTIC CHARACTERISTICS BASED ON THE MODIFIED MSCR (MULTIPLE STRESS CREEP RECOVERY) TEST

NIELINIOWA CHARAKTERYSTYKA MASTYKSU NA PODSTAWIE ZMODYFIKOWANEJ METODY MSCR

Structure and Environment No. 1/2019, vol. 11, p. 23

DOI: 10.30540/sae-2019-002

Abstract

Mastic containing asphalt in its composition is an example of a viscoelastic material. It is an effective binder in asphalt. It consists of a filler (<0.063 mm) and asphalt mixed in the right proportions. Just like in asphalt, its response depends on the temperature level, the load and stress time. Changing the stress stiffness of the mastic affects the non-linear course of the stress-strain relationship. Modelling of the non-linear course of the mastic response for any stress history was performed using a single-integral Schapery equation. Two mastic composites made using filler to asphalt 2:1 ratio, was used in the tests. In addition, the contents of the filler; in one of the compositions, was enriched with hydrated lime in an amount of 15% in relation to the mass of the lime filler. It was found that the use of non-linear viscoelasticity model describes, in a comprehensive manner, the change in strain over time with different stress histories. In addition, hydrated lime reduced strains in the mastic compared to a composition consisting of limestone dust only.

Streszczenie

Mastyks zawierający w swoim składzie asfalt jest przykładem materiału lepkosprężystego. Stanowi on efektywne lepiszcze w mieszance mineralno-asfaltowej. Składa się on z wypełniacza (<0,063 mm) oraz asfaltu wymieszanego w odpowiednich proporcjach. Tak samo jak w mma jego odpowiedź zależy od poziomu temperatury, czasu oddziaływania obciążenia. Zmiana sztywności mastyksu wywołana naprężeniem rzutuje na nieliniowy przebieg relacji naprężenia-odkształcenie. Modelowanie nieliniowego przebiegu reakcji mastyksu dla dowolnej historii naprężenia zostało wykonane przy użyciu jednocalkowego równania Schapery'ego. W badaniach wykorzystano dwie kompozycje mastyksu sporządzonego przy proporcji wypełniacza do asfaltu wynoszącego 2:1. Ponadto skład wypełniacza został w jednej z kompozycji wzbogacony o wapno hydratyzowane w ilości 15% w stosunku do masy wypełniacza wapiennego. Stwierdzono, że zastosowanie modelu nieliniowej lepkosprężystości w sposób kompleksowy opisuje zmianę odkształcenia w czasie przy różnej historii występowania naprężenia. Ponadto wapno hydratyzowane korzystnie ograniczyło deformacje w mastyksie w stosunku do kompozycji składającej się wyłącznie z mączki wapiennej..

REFERENCES

- [1] „Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych”. 2014.
- [2] Obara P. i Gilewski W., „Dynamic stability of moderately thick beams and frames with the use of harmonic balance and perturbation methods”, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, t. 64, nr 4, 2016.
- [3] Kim Y. R., Red., *Modeling of asphalt concrete*. Reston, VA : New York: ASCE Press; McGraw-Hill, 2009.
- [4] Mazurek G. i Iwański M., „Relaxation Modulus of SMA with Polymer Modified and Highly Polymer Modified Bitumen”, *Procedia Engineering*, t. 172, s. 731-738, 2017.
- [5] Kłabińska M. i Piłat J., *Reologia asfaltów i mas mineralno-asfaltowych*. WKŁ, 1982.
- [6] Bonaquist R.F., *Refining the simple performance tester for use in routine practice*. Washington, D.C: Transportation Research Board, 2008.
- [7] Chailleux E., Ramond G., Such C., i de La Roche C., „A mathematical-based master-curve construction method applied to complex modulus of bituminous materials”, *Road Materials and Pavement Design*, t. 7, nr sup1, s. 75-92, 2006.
- [8] Schapery R. A., „On the characterization of nonlinear viscoelastic materials”, *Polymer Engineering and Science*, t. 9, nr 4, s. 295-310, 1969.

- [9] Zhang Y., Luo R., i Lytton R. L., „Characterization of viscoplastic yielding of asphalt concrete”, *Construction and Building Materials*, t. 47, s. 671-679, 2013.
- [10] Brinson H. F. i Brinson L. C., *Polymer engineering science and viscoelasticity: an introduction*. New York: Springer, 2008.
- [11] Shirodkar P., Mehta Y., Nolan A., Dahm K., Dusseau R., i McCarthy L., „Characterization of creep and recovery curve of polymer modified binder”, *Construction and Building Materials*, t. 34, s. 504-511, 2012.
- [12] Huang C.W., Abu Al-Rub R. K., Masad E. A., Little D. N., i Airey G. D., „Numerical implementation and validation of a nonlinear viscoelastic and viscoplastic model for asphalt mixes”, *International Journal of Pavement Engineering*, t. 12, nr 4, s. 433-447, 2011.
- [13] Grabowski W., *Struktura a właściwości funkcjonalne wypełniaczy mineralnych stosowanych w drogownictwie*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2007.
- [14] Lesueur D., Petit J., i Ritter H.J., „The mechanisms of hydrated lime modification of asphalt mixtures: a state-of-the-art review”, *Road Materials and Pavement Design*, t. 14, nr 1, s. 1-16, 2013.
- [15] Grabowski W. i Wilanowicz J., „The structure of mineral fillers and their stiffening properties in filler-bitumen mastics”, *Materials and Structures*, t. 41, nr 4, s. 793-804, 2008.
- [16] Schapery R. A., *A Theory of Non-linear Thermoviscoelasticity Based on Irreversible Thermodynamics*. American Society of Mechanical Engineers, 1966.
- [17] Schapery R. A., „An engineering theory of nonlinear viscoelasticity with applications”, *International Journal of Solids and Structures*, t. 2, nr 3, s. 407-425, 1966.
- [18] J. Lai i A. Bakker, „An integral constitutive equation for nonlinear plasto-viscoelastic behavior of high-density polyethylene”, *Polymer Engineering and Science*, t. 35, nr 17, s. 1339-1347, 1995.
- [19] Haj-Ali R. M. i Muliana A. H., „Numerical finite element formulation of the Schapery non-linear viscoelastic material model”, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, t. 59, nr 1, s. 25-45, 2004.
- [20] Kose S., Guler M., Bahia H., i Masad E., „Distribution of Strains Within Hot-Mix Asphalt Binders: Applying Imaging and Finite-Element Techniques”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, t. 1728, s. 21-27, 2000.