

Analiza temperaturnog ponašanja asfaltnog uzorka zagrijavanjem UV lampama i metodom konačnih elemenata

Mirza Pozder^{a*}, Sanjin Albinović^a, Ammar Šarić^a, Suada Džebo^a, Žanesa Ljevo^a

^aUniverzitet u Sarajevu, Građevinski fakultet

PODACI O RADU

DOI: 10.31075/PIS.65.01.02
Originalni naučni rad
Primljen: 05/12/2018
Prihvaćen: 12/02/2019

Ključne reči:

Temperetura
Asfalt
UV lampe
Metoda konačnih elemenata

REZIME

Cilj rada je istraživanje nove metode mjerenja temperaturnih varijacija asfaltnog uzorka iz kolovozne konstrukcije u laboratorijskim uslovima. Metoda je bazirana na zagrijavanju uzoraka asfaltnih slojeva korištenjem infracrvenih lampi za zagrijavanje. Na osnovu podataka dobijenih iz eksperimenta, metodom konačnih elemenata je analizirana temperaturna provodljivost uzorka.

1. Uvod

Jedan od najznačajnijih okolinskih faktora koji utiču na ponašanje i vijek trajanja asfaltnih kolovoznih konstrukcija je temperatura.

Asfaltna kolovozna konstrukcija mogu se zagrijati i do 70°C tokom ljetnih periodu zbog svojih visokih apsorpcionih svojstava. [1]

Kako temperatura kao okolinski faktor djeluje na kolovoznu konstrukciju, tako i asfaltna kolovozna konstrukcija putem temperature djeluje na okoliš. Ova pojava je naročito ispoljena u gradovima gdje usljed visokih vrijednosti temperatura dolazi do značajnog zagrijavanja vazduha usljed emisije toplotne energije iz zagrijanih kolovoznih konstrukcija.

Temperatura u kolovoznoj konstrukciji je produkt energije usljed zagrijavanja i sposobnosti kolovozne konstrukcije da apsorbira istu. [2]

Cilj rada je istraživanje nove metode mjerenja temperaturnih varijacija u asfaltnim slojevima kolovozne konstrukcije u laboratorijskim uslovima.

Metoda je bazirana na zagrijavanju uzoraka asfaltnih slojeva korištenjem infracrvenih lampi za zagrijavanje. Uzorak se zagrijava konstantno uz pomoć UV sijalice.

Na osnovu dobijenih rezultata mjerenja odnosno opažanja sa kontrolnih uzoraka, stvorit će se daljne pretpostavke za nastavak istraživanja, a odnose se na analize temperaturne provodljivosti i varijacija u asfaltnim slojevima kolovoznih konstrukcija, a na bazi laboratorijskih ispitivanja.

2. Toplotna provodljivost i prenos toplote kondukcijom

U slučaju kada postoji razlika temperatura u stacionarnom mediju, tada dolazi do protoka toplote kroz medijum i taj se proces naziva toplotna provodljivost. [3]

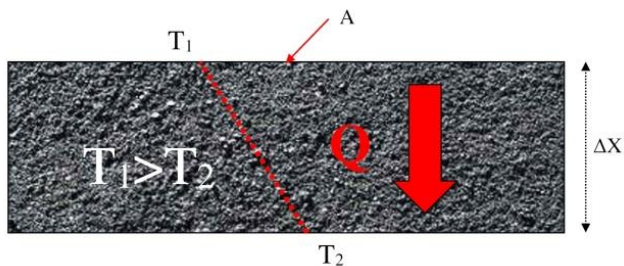
Toplotna provodljivost se izražava Fourier-ovim zakonom [4]:

$$Q_c = kA \frac{\Delta T}{\Delta X} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{\Delta X}, \quad (1)$$

gdje je:

- Q_c : veličina temperaturne provodljivosti (W),
- k : koeficijent provodljivosti (W/mC),
- A : površina medija (m²),
- T_1, T_2 : temperaturni gradijent (°C),
- ΔX : debljina medija (m)

* Corresponding author: pozder.mirza@hotmail.com



Slika 1. Temperaturna provodljivost

Kod kondukcije (vođenja) se prijenos toplote ostvaruje molekularnim kretanjem. Do prenošenja toplote kondukcijom dolazi usljed prirodne težnje za homogenom podjelom srednje brzine molekula, a time i temperature u svim dijelovima posmatranog sistema.

Brze molekule toplijeg dijela sistema sudaraju se sa sporijim molekulama hladnijeg dijela sistema. Kod toga se prve molekule usporavaju a druge ubrzavaju, tako da se srednje brzine molekula u čitavom sistemu izjednačavaju. [5]

Temperaturne varijacije u kolovoznoj konstrukciji se mogu određivati mjerenjima na terenu, pomoću matematičkih modela ali i u laboratorijskim uslovima. Mnogi istraživači su sprovodili istraživanja u zavisnosti od cilja istraživanja (ispitivanja mehaničkih svojstava materijala ili konstrukcije, razvoj modela za predikcije temperturnih varijacija, ispitivanje uticaja na okoliš i dr).

Matić B. et al su razvili model za predikciju temperaturih varijacija u slojevima kolovozne konstrukcije (maksimalne i minimalne vrijednosti) u zavisnosti od maksimalne i minimalne dnevne temperature i dubine. Mjerenja su sprovedena na način da je instalirano šest senzora na različitim dubinama kolovozne konstrukcije i na bazi mjerenja temperatura izvedene su regresione jednačine za predikciju. [6]

Abdushaffi Hass et al su sproveli istraživanja uticaja šupljina u asfaltnim mješavina na temperaturnu provodljivost. Ispitivanja su sprovedena u laboratorijskim uslovima na način da je zagrijavanje vršeno putem infracrvenih sijalica snage 250W i na uzorcima dimenzija 306X306X50 mm. Procenat šupljina u asfaltnoj mješavini iznosi 4,5, 13, 17, 21 i 26% i za dva slučaja, zasićeno i nezasićeno stanje. [7]

Moukomel A i Moridpour S. su predstavili rezultate istraživanja uticaja sastava asfaltnih mješavina na temperaturna svojstva. Varijacija kompozitnih materijala se zasnivala na varijaciji koločine bitumena, udjela šupljina kao i vrsta agregata. Zagrijavanje uzoraka se izvodi uz pomoć sijalice 72W na udaljenosti 108mm od uzorka. Dužina trajanja izlaganja je 180 minuta. Mjerenja temperaturnih svojstava su vršena na dubini od 25 i 50 mm. [8]

3. Metodologija ispitivanja

Eksperiment je sproveden u laboratoriji Odsjeka za saobraćajnice Građevinskog fakulteta u Sarajevu.

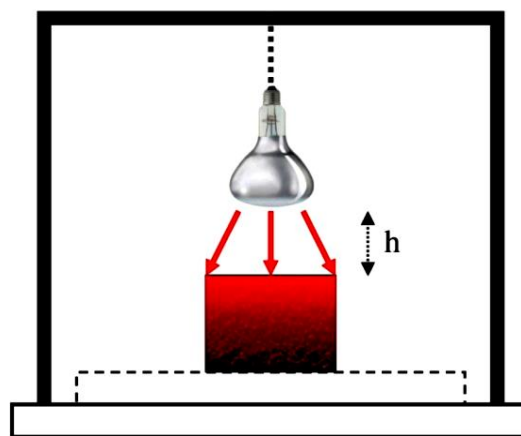
Oprema se sastoji od UV lampi snage 150 W postavljenih na metalni okvir (slika 2).

Na metalnom okviru postavljena je UV sijalica kao i postolje za asfaltni uzorak. Uzorak je standardni promjera 10 cm.

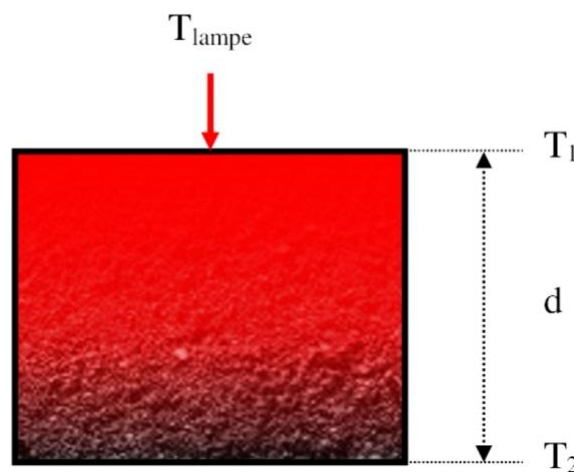
Nakon postavljanja uzorka, površina uzorka se zagrijava UV sijalicom.

Porast temperature se mjerio u intervalima od 15 minuta. Mjerenje temperature vršilo se uz pomoć laserskih termometara i termalne kamere (slika 3).

Uzorak za ispitivanje, debljine 8 cm, preuzet je metodom slučajnog odabira od nekoliko raspoloživih i različitih uzoraka (slika 4.).



Slika 2. Šematski prikaz postolja za opremu



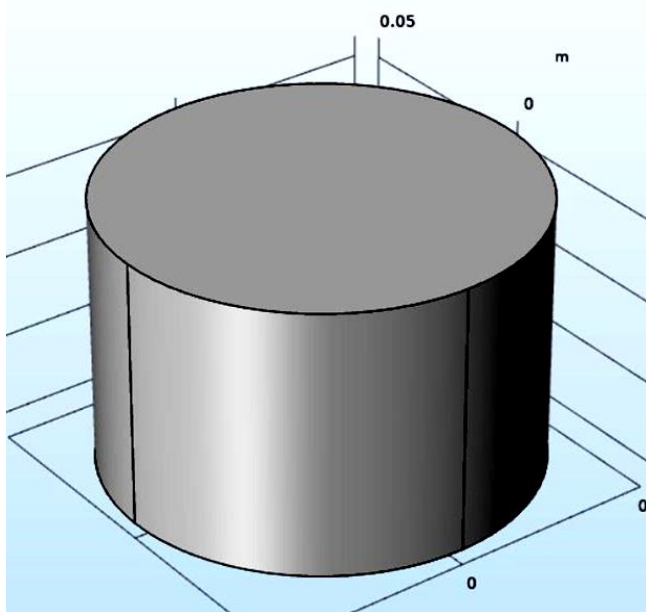
Slika 3. Pozicije mjerenja temperatura



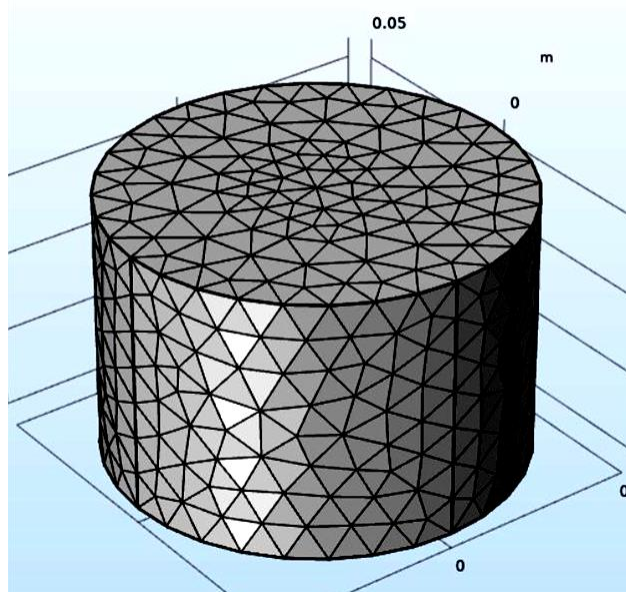
Slika 4. Tretiranje uzorka

Nakon završenog eksperimentalnog dijela, razvijen je i model primjenom metode konačnih elemenata. Na osnovu razvijenog modela, a uz pomoć podataka o izmjerenim temperaturama prilikom zagrijavanja uzorka, analiziran je će se koeficijent provodljivosti asfалтног uzorka.

Za analizu metodom konačnih elemenata korišten je programski paket "COMSOL Multiphysics". Na slici 5. prikazana je geometrija modela asfалтног uzorka, a na slici 6. mreža konačnih elemenata.



Slika 5. Geometrija modela



Slika 6. Mreža konačnih elemenata modela

4. Rezultati ispitivanja

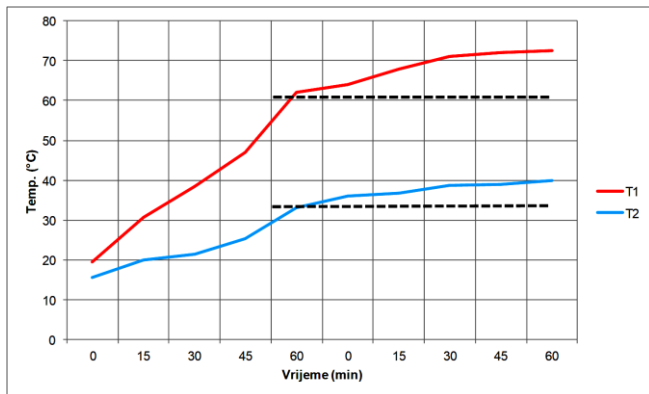
U početnom stadiju (bez zagrijavanja uzorka), temperatura uzorka bila je 20°C sa nešto nižom temperaturom dna uzorka od $17,5^{\circ}\text{C}$. U prvom inkrementu vremena od 15 minuta temperatura je površine uzorka porasla je za 5°C , a dna uzorka jedan stepen (mali porast temperature na dnu, jer se toplota još nije proširila kroz uzorak).

Sa protokom vremena izlaganja uzorka toplini, temperatura konstatno raste, kako na površini tako i na dnu uzorka. Nakon 4 intervala od po 15 minuta temperatura je značajno iznosila je skoro 60°C a dna 30°C .

U drugom satu mjerenja, temperatura i dalje raste ali mnogo manjom progresijom tako da u periodu drugog sata izlaganja dostiže temperaturu od $60 - 72^{\circ}\text{C}$ a dna $30-40^{\circ}\text{C}$. posljednjih 15 minuta temperatura je porasla za samo 1°C odnosno došlo je do stabilizacije porasta, dostignuta je maksimalna vrijednost temperature.

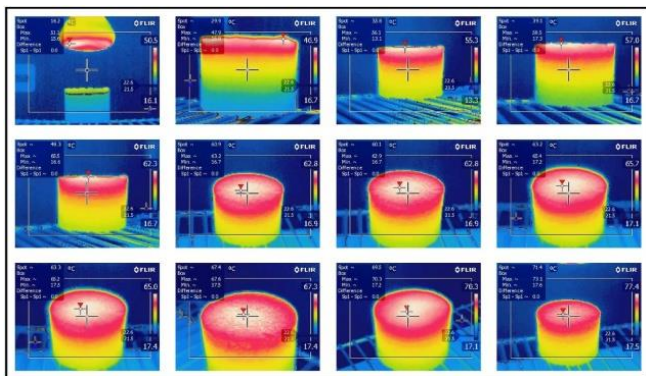
Obzirom da je temperatura površine uzorka dostigla vrijednost od oko 70°C a što je i bio cilj (temperatura kolovozne konstrukcije u ljetnim uslovima) može se smatrati da je za ovu vrijednost toplotne energije odnosno jačine sijalice optimalno vrijeme izlaganja 2 sata (stabilizacija temperature na površini).

Na slici 6. prikazan je dijagram porasta temperature na površini i dnu uzorka gdje se jasno vidi u kojem periodu dolazi do stabilizacije temperature (sa T_1 je označena temperatura gornje površine a sa T_2 dna uzorka).



Slika 7. Dijagram porasta temperature u vremenu

Na slici 7. prikazan je kolaž slika dobijenih termalnom kamerom. Kao što je prethodno rečeno, pored mjerenja temperature laserskim termometrom svakih 15 minuta, paralelno je vršeno skeniranje i termalnom kamerom. Uz pomoć kamere moguće je sagledati propagaciju temperature kroz uzorak. Jasno se vidi da je pravac širenja toplote podužno u pravcu djelovanja lampe i da nema gubitaka poprečno na rubovima uzorka.



Slika 8. Skeniranje uzorka termalnom kamerom

U skladu sa Fourier-ovim zakonom prikazanim jednačinom 1., da bi se dobila veličina temperature provodljivosti potrebno je pored temperaturnog gradijenta i geometrijskih karakteristika poznavati i koeficijent provodljivosti.

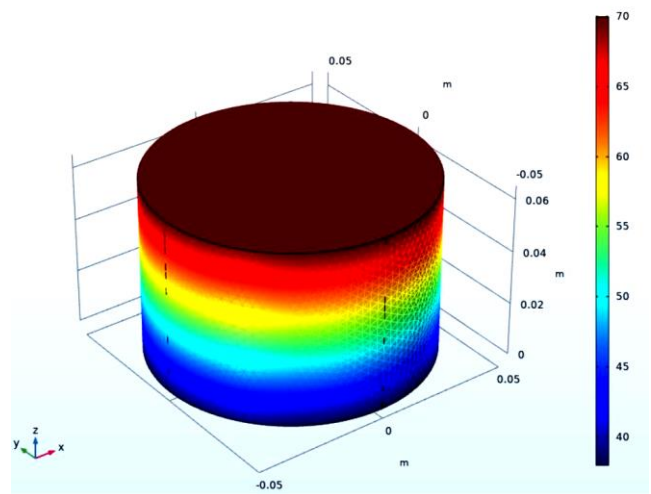
Obzirom da prilikom eksperimentalnog dijela nije poznat koeficijent temperature provodljivosti isti je određen uz primjenu metode konačnih elemenata.

Kreirani model u programskom paketu "COMSOL Multiphysics" izložen je djelovanju temperature na gornjoj površini uzorka. Prilikom kreiranja modela uneseni su podaci o zapreminskoj težini uzorka kao i početna vrijednost koeficijenta provodljivosti.

Početna vrijednost koeficijenta provodljivosti je $0,7 \text{ W/m}$ (kao karakteristična vrijednost koeficijenta pri zapreminskoj masi od 2100 km/m^3). [5]

Varijacija koeficijenta provodljivosti je vršena sve dok temperatura gornje i donje plohe nije dostigla vrijednosti prikazane na dijagramu porasta temperature (slika 6). To su vrijednosti 70 i $38 \text{ }^\circ\text{C}$ (gornja i donja plohe uzorka respektivno).

Nakon nekoliko iteracija dobijen je koeficijent provodljivosti za slučaj kao na slici 8. te iznosi $0,81 \text{ W/m}$. U ovom momentu je teško komentarisati jer da bi se dobila kompletna slika o ponašanju uzorka, moraju se uzeti u obzir parametri vezani za strukturu asfaltne mješavine a u ovom istraživanju preliminarno nisu tretirani (specijalno procentat šupljina). Slične preporuke daju i autori istraživanja navedenih u ovom radu.



Slika 9. Analiza temperature provodljivosti metodom konačnih elemenata

5. Zaključak

Predložena metoda zračenja uzorka UV lampama može se koristiti za analizu termalnih karakteristika asfaltnih uzoraka. Obzirom da nije vršeno mjerenje temperature provodljivosti nego samo temperature bez poznavanja koeficijenta provodljivosti, metodologija je dopunjena primjenom metode konačnih elemenata a sa ciljem određivanja istog iterativnim postupkom.

Naredni koraci u istraživanju su:

- analiza po istoj metodologiji na uzorcima različitih debljina, prevashodno za dobijanje dijagrama "stabilna temperatura/vrijeme",
- analiza sa asfaltnim mješavinama različitih karakteristika, specijalno procenta šupljina kako bi se sagledala varijacija koeficijenta provodljivosti,
- postavljanje senzora za mjerenje temperature provodljivosti na gornju i donju plohu uzorka da se metoda nadalje može komparirati sa koeficijentima dobijenim metodom konačnih elemenata.

Analysis of temperature behavior of an asphalt sample by heating with UV lamps and the finite element method

Mirza Pozder, Ph.D. CE
Sanjin Albinović, Ph.D. CE
Ammar Šarić, M.Sc.. CE
Suada Džebo, Ph.D. CE
Žanesa Ljevo, Ph.D. CE

University of Sarajevo, Faculty of Civil Engineering

Abstract: The aim of the paper is to explore new methods of measuring temperature variations of the asphalt sample from the asphalt layers' construction in laboratory conditions. The method is based on the heating of asphalt layers by using infrared heating lamps. Based on the data obtained from the experiment, the temperature conductivity of sample was analyzed using the finite element method.

Keywords: temperature, asphalt, UV lamp, finite element method

Literatura

- [1] Shaopeng, W. et al (2011.) Laboratory investigation into thermal response of asphalt pavements as solar collector by application of small-scale slabs. *Applied Thermal Engineering*, 31, 1582-1587.
- [2] Stempihar, J.J. et al. (2012.) Porous asphalt pavement temperature effects for urban heat island analysis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2293, 123-130.
- [3] Incropera F.P., et al, A. S. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, JOHN WILEY & SONS, Sixth Edition,
- [4] AbouFoul M., (2014.), *Effects of Air Void Content on Heat Transfer Properties of Asphalt Concrete for Energy Harvesting Applications*, University of Nottingham,
- [5] Oruč M., Sunulahpašić R., (2014.), *Materijali u građevinarstvu*, Udžbenik, Politehnički fakultet, Univerzitet u Zenici,
- [6] Matić B et al. (2013): A model for the pavement temperature prediction at specified depth, *Časopis "Metalurgija"*, Hrvatska, 505–508,
- [7] Abdushaffi Hass et al. (2016): Thermal properties of asphalt pavements under dry and wet conditions, *Journal Materials and Design* 91 432–439,
- [8] Moukomel A, Moridpour S., (2014): Relationship between Asphalt Composition and Thermal Behaviour for Solar Energy Collection, *Journal of Traffic and Logistics Engineering* Vol. 2, No. 3,