

Opponent Evaluation Report

Date: Oct. 06, 2021

PhD Topic: Mechanical behaviour of expanded polystyrene (EPS) under static and cyclic loading

PhD Student: Omid Khalaj, M.Sc., Ph.D.

Supervisor: Prof. Dr. Ing. Bohuslav Mašek, Ph.D.

External Examiner: Prof. Seyed Naser Moghaddas Tafreshi, Ph.D.

Institute: University of West Bohemia, Plzen, Czech Republic

Department: Materials and Engineering Metallurgy

I received a digital copy of the entire Ph.D. thesis for Mr. Omid Khalaj in PDF format. It includes 119 pages (effective 111 pages) consisting of 8 main sections, including the publication list.

I carefully reviewed this thesis and found it outstanding in theoretical as well as practical applications. This thesis presents the results of comprehensive tests on cylindrical samples of Expanded Polystyrene (EPS) under monotonic and cyclic loadings, along with the monotonic numerical simulations. The achievements show more detail in the mechanical properties of EPS blocks as a supporting material rather than traditional soil backfill/embankments. This information is usually missed from manufacturer while the material mainly uses for isolation rather than construction. On the other hand, large-scale tests on the EPS embankment fill covered with geocell reinforced soil are more valuable for the actual project, especially in optimising time and cost, which is one of the main factors in commercial projects. Overall, the thesis is well written, and the experiments were documented in great detail. The findings could contribute to the advance in the present knowledge of using EPS blocks in pavement layers. The outcome of the research is of value to practitioners in designing highway embankments.

Overall, I strongly recommend this thesis for a PhD degree achievement, but I have a few items that the student should clarify more during the PhD defence. They are as follow:

- 1) Clear justification for the number of load repetitions selected in cyclic loading on the EPS samples.
- 2) The presence of joints between EPS blocks in the backfill may reduce the pavement foundations' load-bearing capacity, including EPS block. Can the student discuss this matter with the evidence of other works?
- 3) For the EPS foundation systems, two loading phases could be considered: (1) *Construction phase*: when heavy trucks move very slowly along the still unpaved work platform, and the magnitude of the applied pressure on the overlying EPS geofoam is relatively high (i.e., high-amplitude static loading), (2) *Service phase*: after placing a wearing course (e.g. the asphalt layer) on the base and foundation material, a large number of repetitive traffic load with considerably lower amplitude (due to pressure dispersion effect of the asphalt layer) is applied on the overlying soil layer placed on EPS geofoam (low-amplitude repetitive loading).
Therefore, a short discussion on these two phases could be helpful for the readers.
- 4) The numerical modelling would have helped to understand the behaviour of the EPS blocks in the foundation bed by expanding the model to include backfill material above and below

the EPS layers realistically. The student can suggest the experimental results be used to validate the Finite Element model in future studies.

- 5) I know that the creep is not subjected to this research however, it worth if the student can make a note about the effects of creep in the EPS blocks used in the foundation system within the presentation. No additional testing is needed, but commentary to the participant who is interested in adopting this system would be most helpful.

With the best wishes,

Seyed Naser Moghaddas Tafreshi, Ph.D.

S.N.Moghaddas Tafreshi

Professor of Geotechnical Eng.

Senior Research Fellow

Civil Engineering Department

University of Birmingham

Associate Editor: Geotextiles and Geomembranes

President, Iran Chapter of International Geosynthetics Society (IGS)

Opponent Evaluation Report

PhD topic: Mechanical behaviour of expanded polystyrene (EPS) under static and cyclic loading

PhD student: Omid Khalaj, M.Sc., Ph.D.

Supervisor: Prof. Dr. Ing. Bohuslav Mašek, Ph.D.

Institute: University of West Bohemia, Plzen, Czech Republic

Department: Materials and Engineering Metallurgy

To PhD evaluation commission,

I received the electronic version of PhD thesis for Mr. Omid Khalaj, M.Sc., Ph.D. entitled "Mechanical behaviour of expanded polystyrene (EPS) under static and cyclic loading" under the supervision of Prof. Dr. Ing. Bohuslav Mašek, Ph.D.

The thesis is prepared in 111 pages, including the publication list, a reasonable volume of data for a PhD thesis. The manuscript is organized professionally and divided into 8 chapters explaining the PhD topic well. Most of the references are newer than 2015 showing the up to date knowledge of the author from what he was done.

Having over 60 years of academic and industrial experience, EPS geofoam is one of the latest technologies used in construction works worldwide; however, the design manuals and instructions are not well studied to cover all aspects of the design and implementation of the works. On the other hand, fewer researchers or students are interested in investigating the phenomena and behaviour of these materials, so the topic selection for this study is brilliant and well done.

As mentioned above, the introduction is arranged well by using the latest findings as well as some case studies. It's precious that a PhD research has an overview of practical use rather than only basic research, which I can see this positive approach in this study. The experimental part is one of the exciting chapters for me while the student and the supervisor tried their best to simulate the actual condition in the lab from a material science viewpoint. A lack of deep investigation of material properties from a strength viewpoint (not thermal isolation) is evident in the market, so the approach to have the micro-mechanical properties as a prominent part of reach both under static and dynamic load is appreciated. The outcomes are separated for static and dynamic (cyclic) loading, which correlates with our construction activities' issues. Static loads reflected different foundation loads more, simply like building foundations, while dynamic loading focused more on traffic loads. The results show that the EPS density has a significant role in mechanical properties, while strain rate could also affect it. Using denser EPS is not always possible in construction activities due to the lack of suppliers and economic viewpoint, so a brilliant outcome from this study can be used as an alternative that is indicated by using optimum soil cover above the EPS

layer. From a cyclic viewpoint, another solution is provided by using honeycomb textile (Geocell), which increases the bearing capacity and reduces the whole roadway's settlement under traffic loads.

To have a better understanding of what is done under this research study, it worths if the student can explain more the following question during the PhD defence:

1. Can the outcomes from the experimental investigation (small scale and large scale test) be used directly by the designers, or does it need some further consideration?
2. I know that relaxation is not the main mechanical property of the EPS geofoms and may not be a part of this study, but does the student understand that phenomenon and did he evidence that during his experiments?
3. In construction activities, massive blocks of giant EPS are usually placed beside each other to make a uniform layer; however, they could have some side deformation that may have additional horizontal pressure on EPS. So, is that something the students explore during the experiments?
4. Measuring a transferred pressure to EPS layers are always a challenge in experimental investigations. However, it seems that a pressure cell was used in this study to measure that. Can the student explain more about this sensor and how he used that?

Based on the above evaluation, the PhD thesis addressed significant EPS properties and has a well-done approach that can be used in the design process of the EPS geofom system in construction. Furthermore, the numerical analysis validation presents reliable experimental data, which could be another achievement. That's why I would like to strongly recommend this work for a PhD degree achievement.

Sincerely yours,



Dr. Touradj Amirsoleymani, Ph.D.

Managing Director

15.09.2021

Chase-Mandro Consulting Engineers

www.chase-mandro.com

info@chase-mandro.com



OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Název disertační práce: **Mechanické chování expandovaného polystyrenu (EPS) za statického a cyklického zatěžování**

Doktorand: **Ing. Omid Khalaj**
Pracoviště: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní
Studijní program: N2031 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3911V016 Materiálové inženýrství a strojírenská metalurgie

Oponent: **prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld**
Pracoviště: Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní

Doktorand se ve své disertační práci věnuje hodnocení použitelnosti bloků z expandovaného pěnového polystyrenu (EPS) při stavbě dopravních a civilních staveb ve vztahu k typu pěnového polystyrenu (hustota, tvar, počet vrstev) a způsobu zatížení pěnového polystyrenu. Disertační práce obsahuje 111 stran, 66 obrázků, 14 tabulek. Disertační práce je rozdělena do základních 6 číslovaných kapitol. Nedílnou součástí disertační práce je seznam literárních zdrojů (odkaz na 88 použitých pramenů) a vlastní publikační aktivita autora.

Postup řešení a použité metody v disertační práci

V kapitole 1 je popsán současný stav aplikací extrudovaného pěnového polystyrénu, jeho vlastnosti, způsob výroby a na závěr jsou uvedeny předpokládané cíle disertační práce. Současnému stavu řešené problematiky se autor věnuje v kapitole 2, kde je provedeno shrnutí známých poznatků. Autor disertační práce zde provedl rešerši stávajících poznatků, kterou postupně doplňoval a rozšiřoval i v dalších kapitolách disertační práce včetně uvedení známých poznatků a výsledků. V kapitole 3 je uveden popis zvolených materiálů a



metodika a postupy měření včetně použitých zařízení a měřících metod. V kapitole 4 je provedeno vyhodnocení chování bloků z expandovaného pěnového polystyrenu (EPS) při statickém zatížení z hlediska geometrického poměru H/D, rychlosti deformace, tvaru a rozměru vzorku, hustoty EPS. V kapitole 5 je provedeno hodnocení expandovaného pěnového polystyrenu (EPS) po zásypu. V kapitole 6 je provedeno vyhodnocení a závěry získaných výsledků včetně doporučení pro další výzkum.

Postup řešení disertační práce a použité metody byly vhodně zvoleny a nastaveny a vedly ke splnění cílů práce jak z hlediska rozvoje vědního oboru, tak i z hlediska, a to převážně, aplikačního použití v praxi.

Stanovisko k disertační práci (aktuálnost tématu, splnění cílů, formální úprava, význam pro praxi a rozvoj vědního oboru, připomínky)

Disertační práce svým obsahem a zaměřením, svými výsledky a výstupy má svůj nepochybný dopad na znalosti a informace o možnostech použití expandovaného pěnového polystyrenu (EPS) při použití u civilních a dopravních staveb. Cíle disertační práce byly splněny.

Z hlediska aktuálnosti tématu disertační práce je téma disertační práce velmi aktuální, neboť aplikace nových materiálů při konstrukci dopravních staveb neustále stoupá a do budoucna bude jejich objem neustále růst.

Disertační práce je po formální stránce na velmi dobré úrovni, neobsahuje zásadní nedostatky z hlediska chyb, překlepů a názvosloví, i když tam některé lze najít (např. na str. 45 a 47 se uvádí EPS 30, ale v tabulce 3.1 není uveden, proč na obr. 3.3 není uveden i materiál EPS15, na str. 57 je odkaz na obr. 3.8a, ale ten neexistuje, co znamená pojem „non-granulated structure“ na str. 85 ve vztahu k použitému EPS materiálu, apod.)

Disertační práce je z hlediska odborné stránky vypracována na velmi dobré úrovni. Autor musel připravit velký počet vzorků a provést velký počet testů a zkoušek vybraných vlastností, na základě kterých disertační práce přináší velmi zajímavé výsledky a závěry převážně pro průmyslovou praxi. Výsledky disertační práce pro jednotlivé typy zkoušek jsou shrnuty a uvedeny v kapitole 6, kde by mohlo být uvedeno, které autor považuje za stěžejní pro rozvoj vědního oboru a které pro průmyslovou praxi. Význam práce spočívá převážně v přínosu pro praxi. Lze očekávat, že stavební firmy mohou využívat získané znalosti a výstupy, které rozšiřují doposud známé poznatky pro danou oblast výzkumu.

Autor v disertační práci uvádí 14 publikací evidovaných v databázi Web of Science nebo Scopus, kde je prvním autorem, což je bohatá a nadprůměrná publikační činnost, která není obvyklá a autora je nutné za tuto činnost pochválit.



Otázky k obhajobě disertační práce

1. Spojením jednotlivých bloků by určitě došlo ke zvýšení nosnosti. Proč se tedy ve větší míře nepoužívá např. lepidel pro spojení bloků z expandovaného pěnového polystyrenu EPS?
2. Proč byly připraveny válcové zkušební vzorky, když při stavbách, ale i testech, byly a jsou použity vzorky ve tvaru kvádrů?
3. Testování probíhalo na rovné ploše. Jak by se choval testovaný systém a expandovaný pěnový materiál, kdyby zkoušky probíhaly na šikmé ploše?
4. Kvalita dodávaných materiálů EPS a jejich vlastnosti budou určitě rozdílné pro jednotlivé výrobce a také pro způsoby výroby expandovaného pěnového polystyrenu EPS. Bude to mít dopad na zjištěné a naměřené hodnoty, závěry?

Závěrečné zhodnocení

Disertační práce se zabývá současnými a aktuálními oblastmi výzkumu, má jasnou strukturu, metodiku řešení, definované cíle. Autor práce osvědčil schopnost za pomoci vědeckých metod a vlastních znalostí a zkušeností odborně řešit stanovený problém. Kladně hodnotím činnost, výsledky a publikační činnost doktoranda.

Disertační práci doporučuji k obhajobě a bude-li disertační práce úspěšně obhájena, budou relevantně zodpovězeny otázky, doporučuji udělení akademického titulu Ph.D.

**prof. Dr. Ing.
Petr Lenfeld**

Digitálně podepsal prof. Dr.
Ing. Petr Lenfeld
Datum: 2021.11.16 15:42:59
+01'00'

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
Fakulta strojní
Technická univerzita v Liberci

V Liberci dne 16. 11. 2021



