

VPLIVI TRAJNIH DEFORMACIJ V NEVEZANI NOSILNI PLASTI VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE

mag. Dejan HRIBAR, univ. dipl. inž. grad., Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., Center za prometnice

1 UVOD

Pri načrtovanju voziščnih konstrukcij je eno od osnovnih načel omejevanje tvorbe kolesnic. Postopek meritev kolesnic je v praksi relativno enostaven, predvidevanja, kje bodo pa dejansko nastale, pa je zelo zapleten problem.

Problema nastanka kolesnic ni mogoče rešiti samo na osnovi karakteristik plasti, ki so v voziščni konstrukciji, ampak je potrebno upoštevati med drugim tudi prometne obremenitve in vpliv okolja v katerem se voziščna konstrukcija nahaja. Vsi ti dejavniki vplivajo na napetostno porazdelitev v celotni dobi trajanja konstrukcije. Kljub temu so trajne deformacije najbolj opazne ravno v asfaltni plasti, saj se deformacije tudi iz nižjih plasti prenašajo v zgornje. Zato je zelo pomembno poznavanje dejavnikov, ki vplivajo na trajnostne deformacije v spodnjih plasteh voziščne konstrukcije oz. v nevezani nosilni plasti. Ti pa so:

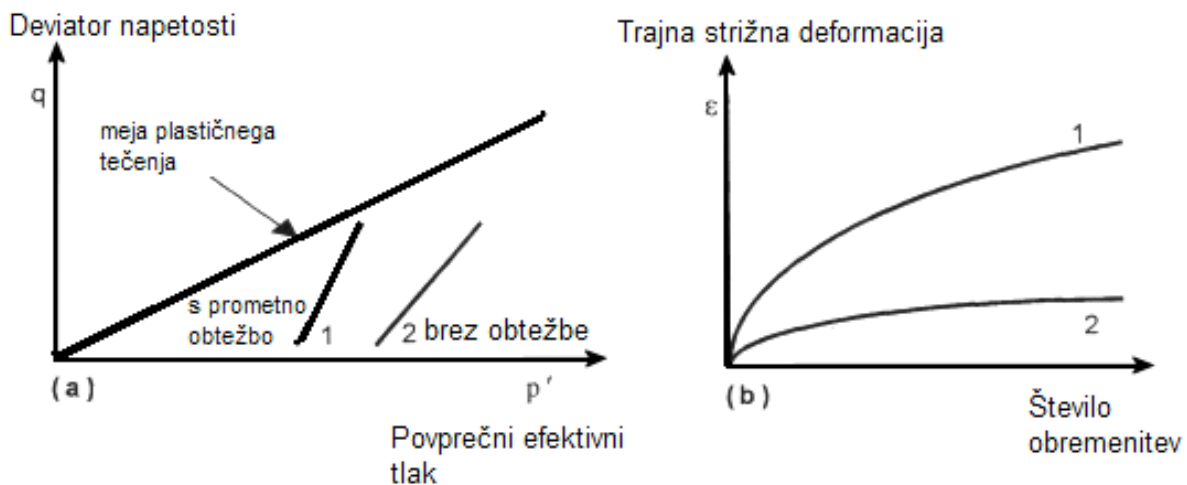
- število ciklov obremenjevanja
- delež vode
- zgodovina napetosti
- zgoščenost
- sestava
- fizikalne lastnosti kamnitih zrn
- nivo napetosti.

S podrobnim poznavanjem omenjenih faktorjev in prilagajanjem le-teh lahko zmanjšamo vpliv na nastanek trajnih deformacij v nevezani nosilni plasti oziroma posledično na nastanek kolesnic v vezanih plasteh.

2 TRAJNOSTNE DEFORMACIJE V NEVEZANI NOSILNI PLASTI

2.1 ODPORNOST NA TRAJNE DEFORMACIJE

Trajna deformacija je zapoznena deformacija, ki se pojavi po določenem ciklu prometnih obremenitev. Slika 1 prikazuje tipično obnašanje nevezanih plasti glede na trajne deformacije. Na sliki 1a je prikazan potek napetosti v plasti zmesi kamnitih zrn med delovanjem prometne obtežbe. Linija 1 prikazuje padec napetosti in velike trajne deformacije (slika 1b) – ni pojava »preorientacije« zrn. Linija 2 je podobna, vendar leži v varnejšem napetostnem območju, trajne deformacije so manjše, prihaja do pojava »preorientacije« zrn. Napetost lahko pade kljub veliki začetni napetosti ali zaradi velikega pornega tlaka u (majhna sukcijska), s tem pa se zmanjša efektivna normalna napetost σ' . Potemtakem je v dobro dreniranih plasteh zmesi kamnitih zrn pričakovati manjše nastajanje kolesnic v nevezani nosilni plasti kot pri z vodo zasičenih materialih.

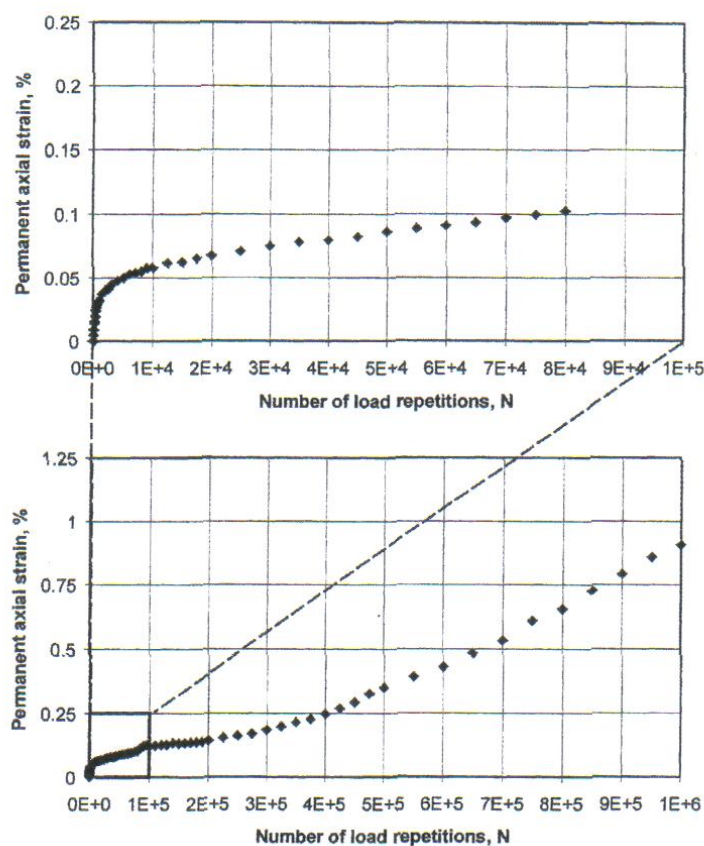


Slika 1: Potek napetosti (a) in tipično obnašanje trajne deformacije v odvisnosti od števila ciklov obtežbe (b), (COST 337, 2002)

Dinamične obremenitve močno vplivajo na potek trajnih deformacij v nevezanih nosilnih plasteh voziščne konstrukcije in s tem povezanimi spremembami v strukturi zmesi kamnitih zrn.

2.1 ŠTEVILO CIKLOV OBREMENJEVANJA

Samo število ciklov obremenjevanja ne vpliva na odpornost na trajnostne deformacije, ampak gre za kombinacijo števila obremenitev in napetosti. Krivulja, v odvisnosti od števila ciklov obremenjevanja in trajnostne deformacije, izkazuje pri povečevanju količnika napetosti progresivno rast prevzetih trajnih deformacij. Skratka, nevezana nosilna plast se stabilizira šele po večjem številu obremenitev (npr. po 80.000 ciklih obremenjevanja) in poteka linearno (slika 2).

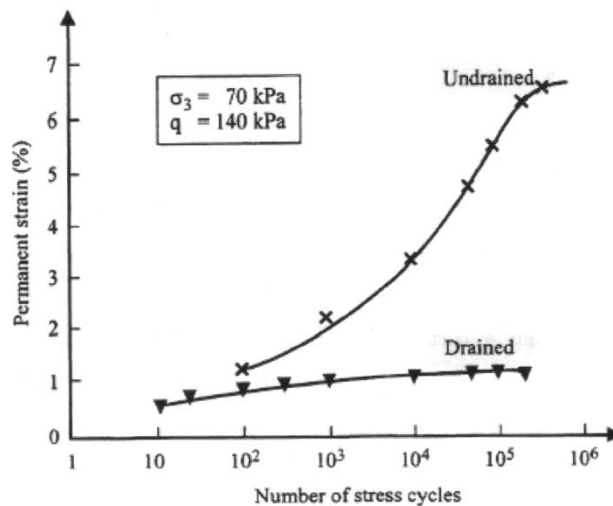


Slika 2: Primer vpliva števila ciklov obremenjevanja na trajnostne deformacije (KOL, 98)

MORGAN je na vzorcu peska pokazal, z obremenjevanjem v triaksialnem aparatu nad 2 mio. ciklov, da kljub temu, da je test končan, trajnostne deformacije še vedno rastejo.

2.2 DELEŽ VODE

Vemo, da se v nevezani nosilni plasti vedno nahaja določen delež vode in ta vodni film na površini zrn vpliva na strižno odpornost materiala. Določen delež vode lahko pozitivno pripomore k trdnosti, napetosti in deformaciji v nevezani nosilni plasti voziščne konstrukcije. Če dosežemo popolno saturacijo, lahko ponavljajoča se obtežba povzroči pozitivni porni tlak. Prekomeren porni tlak zmanjšuje efektivno napetost, ki povzroči zmanjšanje odpora trajni deformaciji v materialu. Torej, prekomerna vsebnost vode v materialu povzroči zmanjšanje togosti in nato nastanejo deformacije.



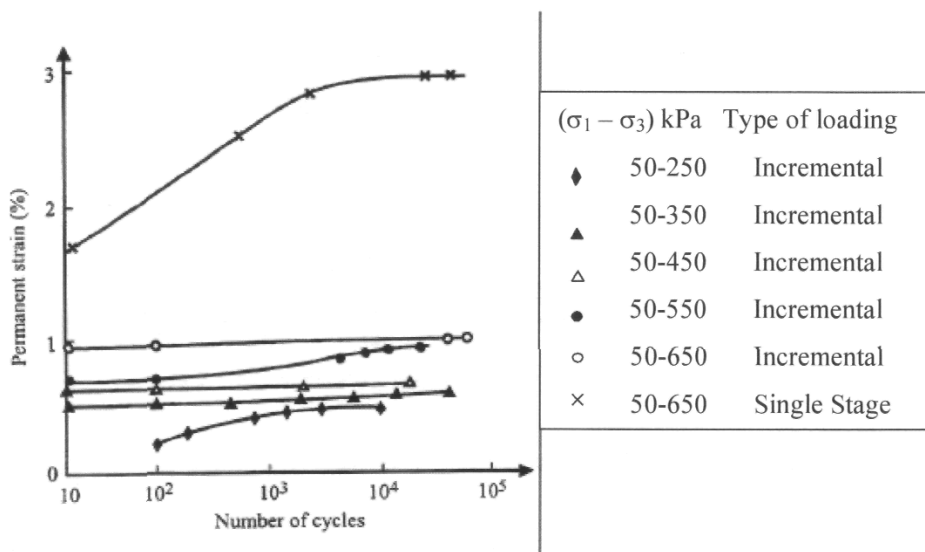
Slika 3: Vpliv vsebnosti vode v materialu na trajnostne deformacije (DAW, 1990)

Slika 3 prikazuje kaj se dogaja z materialom, če imamo na začetku dva vzorca z istim deležem vode in nato en vzorec dreniramo (kot na terenu). Test je pokazal, da se z večanjem vsebnosti vode povečujejo trajnostne deformacije. Pri 1.000 ciklih obremenjevanja se totalna trajnostna deformacija na »makadamu« poveča za 300 %, če se poveča delež vode v plasti iz 3.1 % na 5.7 %. Prav tako se v zaglinjenem pesku poveča totalna trajnostna deformacija za 200 %, če se poveča delež vode v plasti iz 3 % na 6.6 %, podobno obnašanje prikazuje tudi dolomitni material.

2.3 ZGODOVINA NAPETOSTI

Trajnostne deformacije so neposredno povezane s preteklimi napetostmi. V primeru, da je material na začetku izpostavljen nižjim obremenitvam, se vpliv na zgodovino napetosti zmanjšuje, kljub poznejši večji obtežbi. Manjše trajnostne deformacije se zgodijo, če na začetku dodamo večjo obtežbo, kot če jo dodajamo pozneje (BAR 1991).

Slika 4 nazorno prikazuje obnašanje trajnih deformacij v odvisnosti od zgodovine napetosti. Trajnostna deformacija je znatno manjša, če postopoma narašča nivo napetosti, kot pri deformaciji, ki je izpostavljena posamezni večji napetosti.

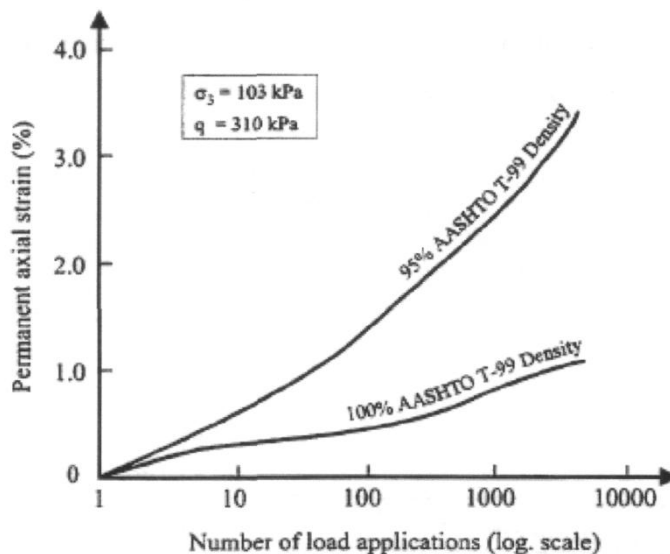


Slika 4: Vpliv trajnostnih deformacij na zgodovino napetosti (BRO, 75)

2.4 ZGOŠČENOST

Gostota zmesi kamnitih zrn je eden od najbolj pomembnih faktorjev, ki vplivajo na nastanek trajnih deformacij (BAR 1972, HOL 1969, ALL 1973, NIE 2002). Odpornost na trajnostne deformacije, pri ponavljajoči se obtežbi, je bolj izrazita s povečevanjem gostote materiala, zlasti pri drobljenih zrnih. Namreč, pri bolj zgoščenih oz. gostih kamnitih materialih je trajnostna deformacija manjša kot pri manj zgoščenih. To je lepo razvidno iz slike 5, saj 95 % zgoščenost

po Proctorju izkazuje večje trajnostne deformacije kot pri 100 % zgoščenosti, predvsem z večanjem števila obremenitev.

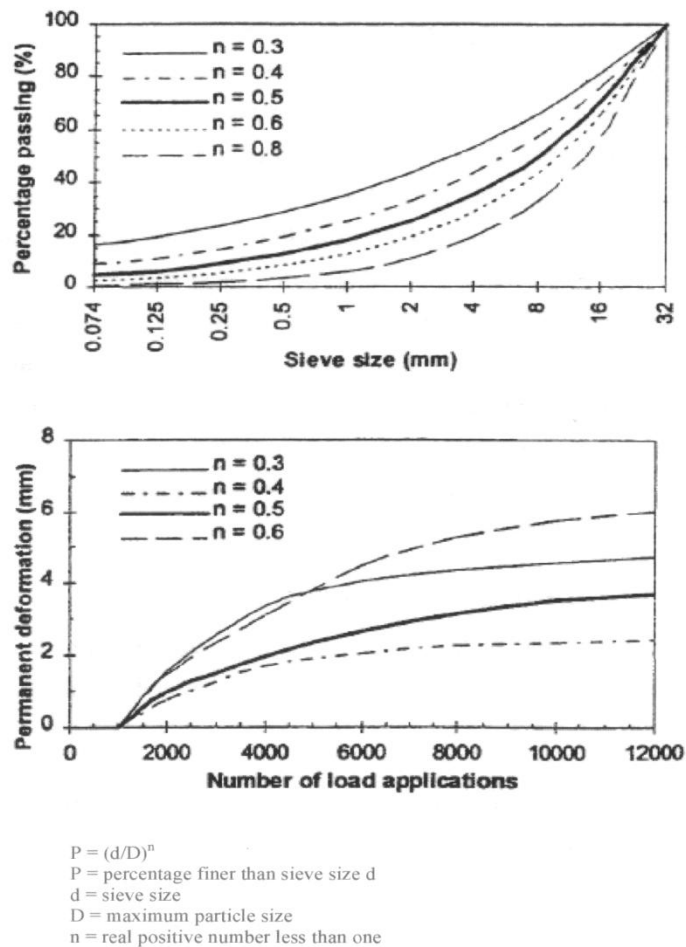


Slika 5: Vpliv trajnostnih deformacij na zgoščenost materiala (BAR, 72)

2.5 SESTAVA

Če se presejna krivulja oziroma sestava spremeni v smeri, da se poveča relativna gostota materiala, potem se odpornost materiala na trajnostne deformacije povečuje. Predvsem je to zelo opazno pri materialih z neenakomerno sestavo oziroma pri izrazito drobno zrnatih materialih (npr. $d < 0,074$ mm in > 15 m.-%) ali pri materialih z zelo nizko vsebnostjo finih zrn.

Slika 6 prikazuje trajnostne deformacije drobljenega kamnitega materiala apnenca v odvisnosti od različnih presejnih krivulj. V primeru, da imamo v sestavi veliko vsebnost finih zrn ($n = 0,3$) ali skeletno sestavo – več grobih zrn ($n = 0,8$), potem so trajne deformacije s povečevanjem števila obremenitev večje. To pa si lahko razlagamo z domnevo, da se pojavi pod določeno obtežbo prestrukturiranje oziroma premikanje zrn v sestavi zaradi nezapolnjenih votlin in drobljenja konic. Kljub temu opažamo, da je zaradi efekta zaklinjenja med zrnji skeletna sestava bolj odporna na trajnostne deformacije kot drobno zrnati materiali.



Slika 6: Vpliv sestave zmesi kamnitih zrn na trajnostne deformacije (BEL, 97)

2.6 FIZIKALNE LASTNOSTI KAMNTIH ZRN

Fizikalne lastnosti kamnitih zrn, kot sta oblika zrn in hrapavost površine zrn, prav tako prispevata svoj delež k nastajanju trajnostnih deformacij v nevezani nosilni plasti.

Oblika zrn

Velik vpliv na obliko zrn ima mineraloška sestava kamnine. Prav tako na obliko drobljenih zrn vpliva tehnologija proizvodnje. Dve osnovni obliki zrn poznamo: naravna in drobljena zrna. Pri naravnih zrnih je površina gladka in zrna so zaobljena. Drobljena zrna pa imajo hrapavo površino

in ostre konice. Zato imajo drobljena zrna večjo abrazijo, ki pripomore k manjšim trajnim deformacijam.

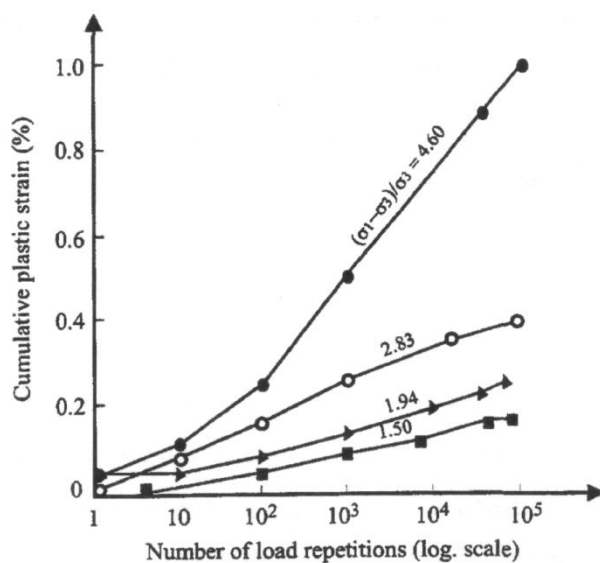
Hrapavost površine zrn

Hrapavost ločimo na fino in grobo. Fina hrapavost se bolje odziva na trajne deformacije kot groba, saj pri odporu sodeluje večja površina zrna (večje število manjših konic).

2.7 NIVO NAPETOSTI

Trajnostne deformacije so močno odvisne od nivoja napetosti in se povečujejo z naraščanjem deviatorja napetosti (količnika napetosti).

Na sliki 7 je prikazano obnašanje trajnih deformacij od nivoja napetosti. Odpornost materiala na akumulirane trajnostne deformacije se povečuje z naraščanjem deviatorja napetosti.



Slika 7: Vpliv trajnostnih deformacij na količnik napetosti (BAR, 72)

2 ZAKLJUČEK

Preprečitev nastanka deformacij oziroma kolesnic na vozni površini je eno od osnovnih načel pri načrtovanju voziščnih konstrukcij.

Trajne deformacije v nevezani nosilni plasti se odražajo na vozni površini. Splošno je znano, da se deformacije spodnjih plasti prenašajo v zgornje. Glede na zgoraj navedene podatke ugotavljamo in zaključujemo naslednje:

- s povečevanje števila ciklov obremenjevanja se trajne deformacije večajo
- z večanjem deleža vode v materialu se trajnostne deformacije povečujejo
- manjše trajnostne deformacije nastanejo, če na začetku dodamo večjo obtežbo, kot če jo dodajamo pozneje
- bolj zgoščen material izkazuje manjše trajne deformacije
- enakomernejša sestava zmesi zrn izkazuje boljšo odpornost na trajnostne deformacije
- groba hrapavost, zaobljena in gladka zrna slabše vpliva na nastanek trajnih deformacij
- trajnostne deformacije se povečujejo z naraščanjem deviatorja napetosti.

S podrobnim poznavanjem omenjenih faktorjev lahko zmanjšamo vpliv na nastanek trajnih deformacij v nevezani nosilni plasti voziščne konstrukcije oziroma posledično na nastanek kolesnic v vezanih plasteh.

VIRI

Barksdale R D, Laboratory Evaluation of Rutting in Base Course Materials. Proceeding of 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, London, str. 161- 174, 1972.

Barksdale R D, The Aggregate Handbook, National Stone Association, Washington D.C., 1991.

Belt J, Ryyänen T, Ehrola E, Mechanical properties of unbound base course. Proceedings of the 8th International Conference on Asphalt Pavements, Seattle , Vol. 1 str. 771-781, 1997.

Brown S F, Hyde A F L, Significance of Cyclic Confining Stress in Repeated Load Triaxial Testing of Granular Material, Transportation Research Record 537, Transportation Research Board, Washington, D.C., str. 49-58, 1975.

COST 337. 2002. Construction with unbound granular materials in EUROPE. Final report.

Dawson A R, Introduction to soils and granular materials, Lecture notes from Residential Course, Bituminous Pavements - materials, design and evaluation, Department of Civil Engineering, University of Nottingham, 1990.

Kolisoja P, Large scale dynamic triaxial tests III. Tampere University of Technology, 1998.

Morgan J R, The Response of Granular Materials to Repeated Loading. Proceedings, 3rd Australian Road Board Conference, Sydney, pp 1178-1192, 1966.

Werkmeister S, Dissertation: Permanent Deformation Behaviour of Unbound Granular Material in Pavement Construction, Dresden, 2003.