



TSC 06.713 : 2005

MERITVE GOSTOTE Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev

Uporaba: ni obvezna

Pripravil:

Tehnični odbor za pripravo tehničnih
specifikacij za javne ceste TO 06

Soglasje ministra:

Soglasje ministra, pristojnega za promet , je bilo
izdano, dne 23.6.2004, pod št. 2641-06/2001/44-
0403.

Ključne besede:

območje cevi, območje zasipa, obsip cevi, prekop, stopničenje

Objava izdaje:

Uradni list RS, št. 41-3080/2005, dne 22.4.2005.

Izdajatelj:

Tehnično specifikacijo za javne ceste je založila in izdala Direkcija Republike Slovenije za ceste.

VSEBINA

1	<u>Predmet tehnične specifikacije</u>	3
2	<u>Referenčna dokumentacija</u>	3
3	<u>Pomen izrazov</u>	3
4	<u>Osnove kontinuiranih meritev</u>	4
4.1	<u>Osnove dinamičnega zgoščevanja</u>	4
4.2	<u>Pogoji za izvajanje meritev</u>	5
4.3	<u>Vplivi na meritve</u>	5
4.3.1	<u>Materiali</u>	5
4.3.2	<u>Oprema za zgostitev</u>	6
4.3.3	<u>Obratovalna stanja bandaže</u>	7
4.3.4	<u>Stanje pripravljene površine</u>	7
5	<u>Oprema za meritve</u>	7
5.1	<u>Merilni/zgoščevalni valjar</u>	7
5.2	<u>Merilna oprema</u>	9
5.3	<u>Osebj</u>	10
6	<u>Umeritev</u>	10
6.1	<u>Splošno</u>	10
6.2	<u>Preskusno polje</u>	10
6.3	<u>Merilni valjar</u>	11
6.4	<u>Postopek umerjanja</u>	11
6.4.1	<u>Preveritev stanja podlage</u>	11
6.4.2	<u>Preskusna zgostitev</u>	11
6.4.3	<u>Preskusi primerjave</u>	12
6.4.4	<u>Določitev soodnosnosti</u>	12
7	<u>Izvajanje meritev zgoščenosti</u>	13
7.1	<u>Osnove</u>	13
7.2	<u>Merilni prehodi</u>	14
8	<u>Ocena stanja</u>	14
8.1	<u>Preskusi</u>	14
8.1.1	<u>Notranja kontrola</u>	14
8.1.2	<u>Zunanja kontrola</u>	14
8.2	<u>Vrste preveritev in zahteve</u>	15
8.2.1	<u>Stanje zgoščenosti</u>	15
8.2.2	<u>Enakomernost zgoščenosti</u>	15
8.2.3	<u>Porast zgoščenosti</u>	15
8.2.4	<u>Manjša gradbišča</u>	15
9	<u>Dokumentiranje meritev</u>	15
9.1	<u>Splošno</u>	15
9.2	<u>Postopek umeritve na preskusnem polju</u>	17
9.3	<u>Postopek meritev na preskusnem odseku</u>	17

1 Predmet tehnične specifikacije

Tehnična specifikacija za ceste TSC 06.713 Meritve gostote – Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev določa osnove za kontinuirane dinamične meritve zgoščenosti vgrajenega materiala na površini plasti z opremo, nameščeno na merilnem valjarju s kolesom z jeklenim obročem (bandažo).

Postopek kontinuiranih meritev zgoščenosti, ki temelji na hitrih zaporednih dinamičnih obremenitvah,

- omogoča – z neposredno vključitvijo v postopek vgrajevanja – določiti enakomernost zgoščenosti že v fazi zgoščevanja plasti materiala na celotni preverjeni površini (po principu »proof-rolling«) in na pregleden način morebitna slaba mesta (tudi v podlagi), ki pogojujejo določene dodatne ukrepe,
- na osnovi predhodne umeritve dinamičnih značilnosti za preveritev načrtovanega materiala pa omogoča opredelitev glede na sicer uveljavljene značilne vrednosti za naknadno točkovno preverjanje kakovosti (moduli deformacije, gostota), ki so osnova za vrednotenje rezultatov meritev oziroma oceno kakovosti izvršenega dela; zato mora biti zagotovljena podobnost pogojev za kontinuirane meritve zgoščenosti na mestu pogojene umeritve opreme za meritve in na gradbišču (vrsta materiala, delež vode).

S kontinuiranimi površinskimi dinamičnimi meritvami zgoščenosti (KPDMZ) je tudi mogoče opredeliti pomembne geotehnične značilnosti vgrajevanega materiala kot tudi materiala v podlagi, ki so neposredno odvisne od gostote oziroma zgoščenosti vgrajenega materiala ali ki vplivajo na zgoščenost materiala.

Rezultati kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti materiala, vgrajenega v nasipe ter v nevezane in vezane zmesi kamnitih zrn v plasteh voziških konstrukcij, ugotovljeni z valjarji z integriranim merilnim sistemom, morajo biti primerno dokumentirani.

2 Referenčna dokumentacija

Tehnična specifikacija TSC 06.713 je zasnovana na naslednji referenčni tehnični dokumentaciji:

Anderegg, R.: Nichtlineare Schwingungen bei dynamischen Bodenverdichtern, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf 1998

Anderegg, R., Studer, J.A.: Geregelte Verdichtung und Verdichtungsmessung mit Vibrationswalzen auf geschichteten Böden, Technik und Technologie des Verkehrswegebau, VGE Verlag Glückauf GmbH, Essen 2001

Floss, R.: Verdichtungstechnik im Erdbau und Verkehrswegebau, Band 1, Bomag, Boppard 2001

Merkblatt über flächendeckende dynamische Verfahren zur Prüfung der Verdichtung im Erdbau, FGSV, Köln 1993

RVS 8S.02.6 Erdarbeiten, Kontinuierlicher walzenintegrierter Verdichtungsnachweis, ÖFSV, Wien 1999

TP BF-StB Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Strassenbau, Teil E2, Flächendeckende dynamische Prüfung der Verdichtung, FGSV, Köln 1994

V tehnično specifikacijo TSC 06.713 so z datiranimi referencami vključena določila drugih publikacij. Poznejša dopolnila ali spremembe morajo biti upoštevane, če so vključene z dopolnilom ali revizijo.

3 Pomen izrazov

V tehnični specifikaciji TSC 06.713 uporabljeni strokovni izrazi imajo naslednji pomen:

Bandaža (bandage, Bandage) je jeklen obroč (obodni del) kolesa na valjarju.

Dinamična merska vrednost (dynamic test result, dynamischer Messwert) je vrednost, izmerjena z ustrezno dinamično merilno opremo.

Dinamični prehod valjarja (dynamic roller pass, dynamischer Walzenübergang) je prehod vibracijskega valjarja za zgostitev materiala in/ali za meritev zgoščenosti materiala.

Globina merjenja (measuring depth, Messtiefe) je globina v tleh pod bandažo, do katere imajo lastnosti in stanje materiala vpliv na z valjarjem ugotovljeno dinamično mersko vrednost.

Globina zgoščevanja (compaction depth, Verdichtungstiefe) je globina v tleh pod bandažo, do katere seže učinek zgoščevanja z izbranim valjarjem.

Inštitucija (third party, unabhängige Prüfstelle) je strokovna organizacija, ki pri gradnji kot tretja stranka izvaja predpisane naloge zunanje kontrole v zvezi s potrjevanjem skladnosti in prevzemanjem gradbenih proizvodov.

Kontinuirana površinska dinamična meritev zgoščenosti - KDPMZ (continuous compaction control – CCC, Flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle – FDKV) je označitev postopka, pri katerem merilni valjar v pasovih prevozi preskušani planum plasti, tako da zajame z meritvami vso površino.

Material (material, Material) je skupni naziv za drobno- in/ali grobozrnat zemljine ter zmesi in mešanice zrn z vezivi v postopku vgrajevanja / zgoščevanja.

Merilni valjar (measuring roller, Messwalze) je z ustreznimi merilnimi napravami opremljen vibracijski valjar, primeren za zgoščevanje materialov in meritve dinamičnih merskih vrednosti.

Merilno kolo valjarja (measuring wheel, Messrad) je kolo z jeklenim obodnim delom (bandažo); na osi (nosilnem okvirju) kolesa je pritrjena ekscentrična masa ter merilnik pospeškov.

Posnetek površine (area plot, Flächenplot) je računalniški izpis rezultatov meritev na obravnavani površini.

Preskusni odsek (test section, Prüffeld) je površina, na kateri se s strokovnimi postopki pri običajnih gradbenih in okoljevarstvenih pogojih ugotavlja obnašanje gradbenih materialov in/ali načina gradnje, ki lahko odstopa od veljavnih predpisov in smernic.

Preskusni prehodi (test crossings, Prüffahrten) so merilni prehodi za preskus ali dokazilo zahtevanih lastnosti materiala.

Preskusno polje (test area, Versuchsgelände) je del gradbišča na katerem se – glede na zastavljeni cilj – s spreminjanjem posameznih parametrov s strokovnimi postopki preskuša gradbene materiale, postopke ali načine gradnje.

Togost (stiffness, Steifigkeit) materiala je opredeljena kot količnik največje sile in največje deformacije.

Začetni tipski preskus (initial type test, Eignungsprüfung) je preskus, s katerim se pred redno proizvodnjo ali ob spremembi porekla sestavin in/ali njihovih razmerij ter načina izdelave preveri in potrdi doseganje zahtevanih lastnosti in primernosti proizvoda za nameravano delo.

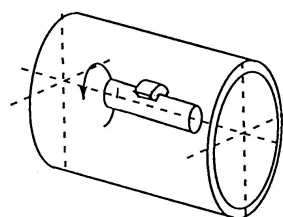
Zgoščenost (compaction degree of, Verdichtung) pomeni doseženo gostoto vgrajenega materiala, po zaključenem postopku zgoščevanja.

4 Osnove kontinuiranih meritev

4.1 Osnove dinamičnega zgoščevanja

Postopek kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti vgrajevanega ali vgrajenega materiala je zasnovan na medsebojnem vplivu v nihanje vzbujene jeklene bandaže valjarja in materiala pod njo (drobno- ali grobozrnat zemljine, vezane zmesi zrn ali mešanice).

Bandažo valjarja vzbudi v nihanje v merilnem kolesu valjarja ekscentrično nameščena masa, ki se vrti okoli osi z enakomerno hitrostjo (slika 1). Za vzbuditev nihanja sta lahko v vibracijskem valjarju ekscentrično nameščeni tudi dve ekscentrični masi, ki pa se morata vrteti v nasprotnih smereh (slika 2). Vzbujeno nihanje bandaže mora biti usmerjeno v odvisnosti od namena postopka zgoščevanja.



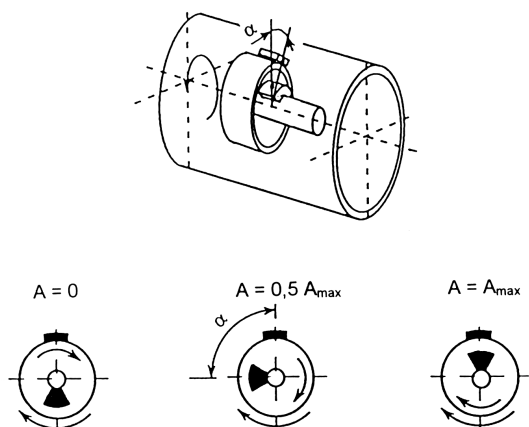
Slika 1: Kolo vibracijskega valjarja z izbrano (enako) amplitudo

Material, preverjan s postopkom kontinuiranih meritev zgoščenosti z merilnim valjarjem, je poenostavljeno mogoče privzeti kot homogen polprostor z določeno gostoto, določenimi moduli elastičnosti in strižnimi moduli ter Poissonovim številom, ki samostojno ne more zanihati. Nihajoča masa merilnega valjarja na površini takšnega materiala pa lahko ustvari sistem nihanja z lastno frekvenco in resonanco.

Optimalna frekvenca nihanja je v območju čim bližje točki resonance, ko je mogoče doseči največje učinke zgoščevanja.

Resonanca nihanja sistema material – masa merilnega valjarja je odvisna od dušenja, ki je opredeljeno predvsem

- s porabljeno energijo za premike zrn v materialu,
- z notranjim trenjem v materialu ter
- z valovanji na površini in v plasti zgoščevanega materiala.



Slika 2: Kolo merilnega (vibracijskega) valjarja z brezstopenjsko premakljivo dvojno ekscentrično pritrjeno maso in njenimi značilnimi legami

Med zgoščevanjem z merilnim valjarjem se energija gibanja med merilnim kolesom in sistemom nihanja valjar / material stalno izmenjuje. Zaradi dušenja porabljeno energijo je treba nadomestiti s pogonom merilnega valjarja. Količino te energije je treba določiti na osnovi

- naležne sile F (pritiska) merilnega kolesa valjarja na zgoščevani material ter
- poti nihanja s merilnega kolesa.

Vrednosti F in s je mogoče določiti na osnovi pospeškov, izmerjenih z ustreznim merilnikom, pritrjenim na nosilnem okvirju bandaže merilnega kolesa valjarja, kot funkcijo časa.

Efektivni prenos energije z merilnega kolesa valjarja v zgoščevani material se povečuje z naraščanjem togosti podlage, ko se z elastičnim površinskim in prostorskim valovanjem vnaša (v enoti časa) v material več energije. Istočasno se ustrezno zmanjšuje poraba energije za zgoščevanje. V primeru prekomerne zgoščenosti materiala (ali togosti podlage) nastanejo v sistemu subharmonična nihanja, ki pogojujejo občasno ločitev (dvig) merilnega kolesa valjarja od podlage.

4.2 Pogoji za izvajanje meritev

Postopek kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti je primeren za preveritev trenutne zgoščenosti vgrajenih nevezanih in vezanih ter recikliranih materialov povsod, kjer je delo mogoče izvajati z vibracijskimi valjarji, material pa ustreza veljavnim zahtevam za uporabo v cestogradnji.

Planum preskušane plasti materiala mora biti raven, brez zaznavnih kolesnic, tako da bandaža merilnega valjarja polno nalega. To je treba zagotoviti tudi pri zgoščevanju grobozrnatih zemljin, ki vsebujejo zrna nad 125 mm.

Drobozrnate zemljine v preskušani plasti, ki vsebujejo nad 15 m.-% zrn velikosti do 0,063 mm, morajo biti primerno vlažne. Na planumu preskušane plasti pa se voda ne sme zadrževati (v lužah).

V izogib prekomernim razlikam med rezultati meritev zgoščenosti mora biti preskušani material čimbolj enakomeren (vrsta, delež vode). To velja tudi za vse druge pogoje za izvajanje kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti (podlaga, debelina plasti, merilna oprema).

4.3 Vplivi na meritve

4.3.1 Materiali

Rezultati kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti so neposredno – vendar v različni meri – odvisni od značilnosti vgrajenega materiala (vrste, vlažnosti, zgoščenosti), debeline vgrajene plasti in podlage.

Velikost zrn in sestava zmesi zrn vplivajo na obseg sprememb med zaporednimi prehodi merilnega valjarja.

Prekomerni delež vode v vgrajevanem materialu – predvsem pri drobnozrnatih zemljinah – ovira zgoščevanje, ki tudi s povečanim številom prehodov valjarja ni učinkovito.

Pri materialih, ki vsebujejo manjši delež vode, je praviloma razpoznavna korelacija med moduli deformacije in vrednostmi zgoščenosti, ugotovljenimi s postopki kontinuirane površinske dinamične meritve.

Neenakomerna sestava materiala v preskušani plasti pogojuje neenakomerno naleganje bandaže in s tem za ovrednotenje zgoščenosti neuporabne vrednosti.

Z debelino vgrajevane plasti in ustreznim številom slojev materiala se zmanjšuje vpliv togosti podlage na vrednosti kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti. Pri skupni debelini plasti 1,50 m ali več vpliv podlage na vrednosti meritev ni več zaznaven; te so odvisne samo še od lastnosti vgrajevanega materiala.

Togost podlage opredeljuje učinke, ki jim je izpostavljen vgrajevani material z vzbujenim nihanjem: čim večja je togost (čim manjša podajnost planuma), tem večji je učinek valjarja: material se samo v manjši meri umika nihanju bandaže, v njem pa nastopijo velike reakcijske sile. Globina tega učinka je podobna zaznavnemu preoblikovanju podlage pod valjarjem, odvisna pa predvsem od linijske obremenitve bandaže, njene amplitude in frekvence ter od značilnosti vgrajevanega materiala.

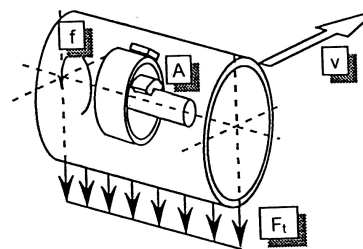
Vrednosti kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti se lahko po vgraditvi materiala zaradi vplivov prometa, vremena in konsolidacije spremenijo.

4.3.2 Oprema za zgostitev

Osnovna oprema za dinamično zgostitev materiala so vibracijski in oscilacijski valjarji.

Vpliv valjarja na meritve je opredeljen z naslednjimi osnovnimi parametri (slika 3):

- amplitudo (A),
- frekvenco (f),
- statično linijsko obremenitvijo bandaže (F) in
- hitrostjo vožnje (v).



Slika 3: Vibracijski valjar z osnovnimi parametri za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti materiala

Parametri vibracijskega in oscilacijskega valjarja oziroma bandaže se spreminjajo v odvisnosti od odziva materiala, ta pa v odvisnosti od faze v procesu zgoščevanja in vrste materiala.

Teoretična **amplituda** bandaže je parameter valjarja oziroma merilnega kolesa, določen z maso bandaže, maso ekscentra in njeno ekscentričnostjo. Velikost amplitude vpliva na učinek zgoščevanja, globino meritve, gibanje bandaže (obratovalna stanja) in posledično na nivo in raztros dinamičnih merskih vrednosti.

Pri velikih amplitudah so učinki zgoščevanja in globine meritev večje, povečana pa je tudi nevarnost drobljenja zrn oziroma rahljanja materiala v vrhnjem delu plasti in bandaža prej teži k poskakovanju kot pri majhnih amplitudah (tč. 4.3.3).

Vzbujevalna **frekvenca** mora biti med meritvami konstantna. Nihanja frekvence vplivajo na potek kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti in med meritvami niso dopustna izven območja ± 2 Hz.

Tudi **statična linijska obremenitev bandaže** je parameter valjarja, opredeljen z maso bandaže in maso nosilnega okvirja na širino bandaže. Čim večja je statična linijska obremenitev bandaže, tem večji je učinek zgoščevanja in večja globina meritve; globlja območja povečajo vpliv na dinamične merske vrednosti.

Razmerje mas nosilnega okvirja in bandaže vpliva na obratovalno stanje bandaže, pri čemer so valjarji z lahkim nosilnim okvirjem bolj nagnjeni k poskakovanju.

Hitrost vožnje pri valjanju mora znašati 2 do 6 km/h, med meritvami pa mora biti konstantna (dopustna so nihanja $\pm 0,2$ km/h). Pri manjši hitrosti vožnje vibracijskega valjarja začne bandaža prej odskakovati od podlage kot pri večji hitrosti.

Načeloma morajo biti meritve izvajane samo v eni smeri vožnje. V izjemnih primerih pa je za merjenje v obeh smereh vožnje treba predhodno s preskusom ugotoviti, ali se rezultati meritev v obeh smereh ne razlikujejo.

Vse dinamične merske vrednosti, izvedene na osnovi pogreznjenja bandaže v material, so relativne, vendar pa (za definirano podlago/material) temeljijo na meritvah fizikalnih količin.

4.3.3 Obratovalna stanja bandaže

Različno obratovalno stanje bandaže značilno vpliva na dinamično mersko vrednost.

Ovisno od togosti materiala, različnih parametrov vibracijskega valjarja in hitrosti vožnje je v nihanje vzbujena bandaža valjarja v različnih obratovalnih stanjih.

Stalen **stik** ima bandaža valjarja z vgrajevanim materialom samo, če je njegova togost majhna. Tedaj je majhna tudi dinamična merska vrednost.

Zasnova vibracijskih valjarjev praviloma pogojuje, da je bandaža v pretežnih primerih togosti materiala med zgoščevanjem nekoliko **privzdigovana** (dinamični del reakcije materiala v podlagi presega statično teže bandaže). Z naraščanjem togosti materiala se povečuje tudi dinamična merska vrednost. Obratovalno stanje stika in privzdignjene bandaže je treba obravnavati kot normalno. Prehod dinamičnih merskih vrednosti iz enega v drugo je zvezen.

Obratovalno stanje s **poskakovanjem** bandaže nastopi pri veliki togosti (prekomerni zgoščenosti) materiala. Preprečiti ga je treba predvsem z izbiro manjše amplitude in/ali večje hitrosti vožnje. Za prehod obratovalnega stanja bandaže iz privzdigovanja do poskakovanja je značilno zmanjšanje dinamičnih merskih vrednosti, ki pa se z nadaljnjim naraščanjem togosti materiala postopoma zopet povečujejo. Zato je treba to obratovalno stanje v sklopu kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti tudi ustrezno upoštevati. Razpoznavno je zaradi povečanega učinka tresenja in bobnenja.

Pri izredno togih materialih in istočasno neugodnih parametrih vibracijskega valjarja ter majhni hitrosti vožnje lahko nastopita obratovalni stanji **nihanje** (bandaža izmenično

udarja na levi in desni strani) in **kaos** (valjarja ni mogoče krmiliti v smeri). Ti obratovalni stanji bandaže je treba takoj prekiniti, morebitne dinamične merske vrednosti pa izločiti iz zapisa.

4.3.4 Stanje pripravljene površine

Kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti je v osnovi mogoče izvajati povsod, kjer je glede na nagib planuma mogoče uporabiti za meritve usposobljeni vibracijski ali oscilacijski valjar. Praviloma je pri vzdolžnih in prečnih nagibih, večjih od 5 %, vpliv na dinamične merske vrednosti že zaznaven, zato je treba dosledno upoštevati primerno prilagojeno shemo valjanja.

V ostrih krivinah kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti niso primerne.

Pri meritvah zgoščevanja je tudi treba upoštevati pomemben vpliv

- mesta meritev na planumu, tj. na robu ali v sredini in
- višino nasipa ter nagib brežine

na dinamične merske vrednosti.

5 Oprema za meritve

Potrebna oprema za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti je

- merilni/zgoščevalni valjar in
- merilna oprema.

Za celovit postopek pa je potrebno dobro usposobljeno osebje.

5.1 Merilni/zgoščevalni valjar

Za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti sta v praksi uveljavljeni dve značilni osnovni vrsti valjarjev:

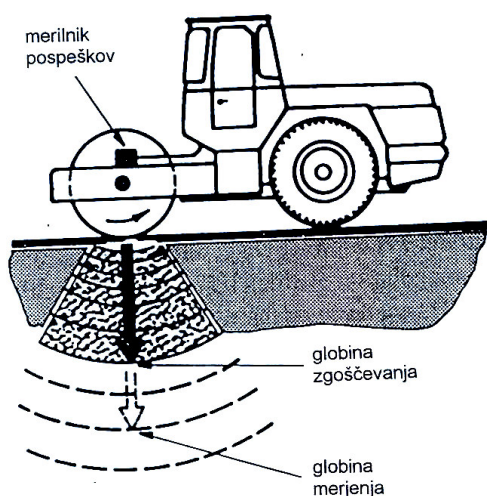
- s konstantnimi parametri in
- s spremenljivimi parametri, tkim. inteligentni valjarji.

Pri inteligentnih valjarjih z elektronskim merilnim in krmilnim sistemom se parametri frekvenca, amplituda in hitrost valjarja nastavijo samodejno, odvisno od vrste in stanja vgrajevanega materiala. Samodejna nastavitve temelji na kriteriju, po katerem se v trenutku, ko

je dosežena izbrana dinamična merska vrednost (npr. togost podlage) oziroma ko nastopi obratovalno stanje poskakovanje bandaže (tj. stanje, ko je preseženo linearno elastično obnašanje vgrajevanega materiala), spremeni način vzbujanja nihanja, tako da se bandaža vrne v obratovalno stanje stika oziroma privzdigovanje, tj. v območje učinkovitega zgoščevanja. S tem je zagotovljeno, da je v vsakem trenutku vpeljana v zgoščevani material največja možna energija brez škodljivih posledic za material in merilno kolo.

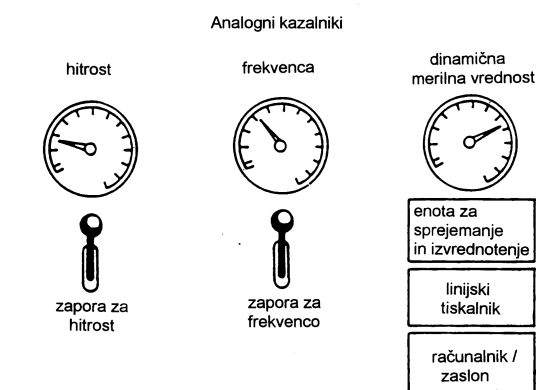
Osnovni pogoj za uporabo merilnega valjarja za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti je brezhibno stanje merilnega kolesa. To velja tudi za vse preostale naprave, potrebne za zagotovitev pogojenih parametrov v času meritev zgoščenosti, tj. frekvence, hitrosti vožnje in amplitude.

Za določanje dinamičnih merskih vrednosti potrebni merilnik pospeškov mora biti po navodilih proizvajalca pritrjen na nosilni okvir bandaže (slika 4).

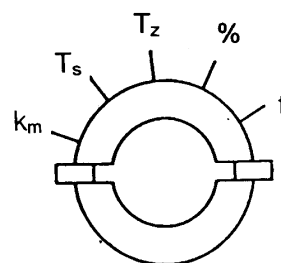


Slika 4: Merilni (vibracijski) valjar za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti materiala

Za krmiljenje poteka zgoščevanja materiala mora biti valjaristu neprekinjeno zagotovljena možnost nastavitve in spremljanja pogojenih parametrov na ustreznih kazalnikih ali registriranih napravah (slike 5, 6 in 7).

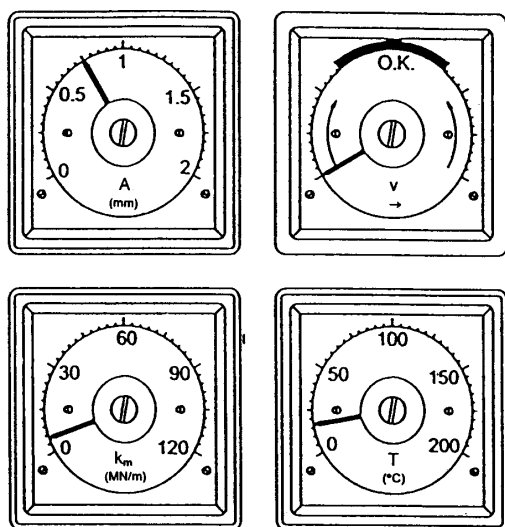


Slika 5: Shema kazalnikov osnovnih parametrov na merilnem valjarju za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti materiala



Slika 6: Vrtljivo stikalo za nastavitve osnovnih parametrov za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti materiala

- k_m - opredeljena spodnja mejna dinamična merska vrednost (togosti) vgrajenega materiala
- $T_{s,z}$ - spodnja/zgornja mejna temperatura za zgoščanje z vibracijskim valjarjem (območje 0 do 200 °C)
- % - lega ekscentrične mase (območje 0 do 100 % : $A = 0,62 \text{ mm}$)
- f - frekvenca (območje 25 do 50 Hz; opredeljena ali dejanska)



Slika 7: Analogni kazalniki osnovnih parametrov na merilnem valjarju za spremljanje poteka kontinuiranega površinskega dinamičnega zgoščevanja materiala

Najbolj primerni za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti so vibracijski valjarji, ki imajo pogonska kolesa s pnevmatikami, ker je pri njih v največji meri mogoče zagotoviti enakomerno hitrost vožnje, poleg tega so pa tudi zelo gibljivi in lahko premagujejo večje vzpone ter zgostijo tudi sipki material. Za meritve zgoščenosti so primerni tudi vlečeni in kombinirani valjarji, če se vzdržuje enakomerna hitrost vožnje in je zagotovljen zapis, tako da je merilno mesto opredeljeno. Tandem vibracijski valjarji z dvema gladkima jeklenima bandažama so manj primerni za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti, ker v določenih pogojih meritev (npr. na vzponih) kolesa nekontrolirano zdrsavajo, hitrosti vožnje ni mogoče primerno opredeliti in zato tudi dinamičnih merskih vrednosti oziroma merilnih mest ni mogoče natančno opredeliti.

Statičnih valjarjev in vibracijskih ali oscilacijskih valjarjev med statičnim obratovanjem (z izključenim vzbujanjem nihanja – vibracijo) za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti ni mogoče uporabiti.

Med kontinuiranimi površinskimi dinamičnimi meritvami zgoščenosti mora biti frekvenca vzbujanja nihanja bandaže znotraj opredeljenega območja, enako tudi hitrost vožnje valjarja.

Nihanje bandaže mora biti ponovljivo. Če nastanejo motnje zaradi vplivov valjarja (npr. poškodovanih ležajev, neuravnotežene bandaže), jih je treba odpraviti ali pa zamenjati valjar.

5.2 Merilna oprema

Merilna oprema za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti mora omogočati kontinuirano registriranje obnašanja nihajnega sistema bandaža / podlaga, ki je usmerjevano z obsegom izmenjave energije med bandažo in podlago. Z dvakratnim integriranjem pospeška bandaže, izmerjenega z na nosilni okvir bandaže pritrjenim pospeškomerom, mora merilna oprema iz vrednotiti amplitudo posedka bandaže in dinamično mersko vrednost.

Opremo za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti sestavljajo naslednje med seboj ustrezno povezane merilne enote:

- pospeškomer,
- sprejemna enota za merske vrednosti pospeškov bandaže,
- procesor za izračunavanje dinamičnih merskih vrednosti (parametrov),
- kazalniki za tekoče prikazovanje merskih vrednosti strojniku – valjaristu, npr. zaslon, analogna ura, tiskalnik s trakom,
- spominska enota za shranjevanje merskih vrednosti, tako da so na razpolago za poznejše iz vrednotenje,
- sprejemnik za opredelitev lokacij dinamičnih merskih vrednosti na merjenem pasu valjanja oziroma sistem pozicioniranja.

Zmožljivosti v praksi že uveljavljene merilne opreme za meritve dinamičnih merskih vrednosti (omegometer, terrameter, portancemeter ter sistema BCM in ACE) odražajo razvojne stopnje postopkov meritev.

Z navedeno merilno opremo, ki mora biti pred pričetkom kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti preskušena, mora biti zagotovljeno zanesljivo – in pred morebitnimi posegi zavarovano – merjenje in registriranje hitrosti vožnje valjarja med meritvami, frekvence, izbrane teoretične vrednosti amplitude in dinamičnih merskih vrednosti ter njihovo lociranje kot tudi nastanek obratovalnega stanja poskakovanja bandaže.

Oprema za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščevanja pa mora poleg navedenih ustrezati še nekaj zahtevam.

- Merilna oprema mora biti takšna, da jo je mogoče vgraditi na običajne vrste vibracijskih ali oscilacijskih valjarjev.
- Merilna oprema mora biti računalniško kompatibilna in omogočati takojšnje shranjevanje podatkov ter njihovo naknadno izrednotenje.
- Vsaki posamezni merski vrednosti morajo biti določljive koordinate, zato je treba merilni valjar natančno voditi.
- Omogočen mora biti vnos potrebnih parametrov valjarja in registrirano njihovo upoštevanje.
- Merilna oprema mora omogočati pregleden prikaz zahtevanih vrednosti in jih strojniku – valjaristu neposredno prikazovati.
- Hitrost vožnje valjarja mora biti med izvajanjem meritev merjena in registrirana.
- Obratovalno stanje poskakovanja bandaže je treba prikazati in glede na položaj registrirati.
- Navedeni registrirani podatki omogočajo natančnejšo analizo morebitnih poznejših poškodb in ustrezno popravilo.

Rezultati meritev, ki so bili ugotovljeni na istem pasu valjanja neposredno zaporedoma, morajo kazati podoben potek (značilne vrednosti pri zaporednih prehodih valjarja morajo biti na istem mestu). V nasprotnem primeru je treba na preskusnem polju dokazati ponovljivost za sistem material – valjar – merilna oprema z dano amplitudo, frekvenco in hitrostjo vožnje valjarja. Za navedeno preveritev ponovljivosti rezultatov meritev mora biti preskusni odsek dolg približno 100 m, značilnosti podlage pa po možnosti neenakomerne. S po dvema zaporednima merilnima prehodoma valjarja v isto smer z vožnjo naprej, vmes pa samo s statično obremenitvijo, je treba ugotoviti, ali je potek značilnih rezultatov meritev podoben. Vrednosti lahko varirajo predvsem zaradi z valjanjem pogojene večje zgoščenosti materiala ali pa zaradi drobljenja zrn in rahljanja materiala v vrhnjem delu plasti.

Za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti je mogoče uporabiti različne valjarje z enako merilno opremo in enake valjarje z različno merilno opremo. V obeh navedenih primerih je pri enakem obratovalnem stanju bandaže potek rezultatov meritev podoben, razlikujejo pa se ravni.

5.3 Osebe

Vse osebe, ki sodelujejo pri kontinuiranih površinskih dinamičnih meritvah zgoščenosti (valjaristi, vodje in nadzor del), morajo biti v

mejah svojih delovnih nalog dobro seznanjene s postopkom meritev, njegovo uporabo in izrednotenjem.

6 Umeritev

6.1 Splošno

Umerjanje v sklopu preskusnega zgoščevanja predstavlja preveritev primernosti izbranega materiala in vibracijskega valjarja. Namen umerjanja je na osnovi poteka zgoščevanja določiti nadaljnji postopek, ki bo ob upoštevanju gospodarnosti omogočil v pogledu kakovosti optimalne rezultate.

Umerjanje je namenjeno prireditvi dinamičnih merskih vrednosti tistim vrednostim, ki so opredeljene v uveljavljeni tehnični regulativi za preverjanje in prevzem del (meritve gostote z izotopsko sondo, meritve deformacijskih modulov s krožno obremenilno ploščo). Umerjanje je s tem del preskusov kakovosti ob prevzemu del, zato ga mora izvajati za notranjo in/ali zunanjo kontrolo del pooblaščen inštitucija.

Celotno opremo za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti in izvedbo mora zagotoviti izvajalec del.

6.2 Preskusno polje

Umerjanje celotne opreme za meritve v sklopu preskusa kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti mora biti izvedeno na preskusnem polju v sklopu gradbenih del na zadevnem odseku gradbišča.

Preskusno polje mora imeti v povprečju vse značilnosti stanja za celotno načrtovano delo.

Preskusno polje mora biti dolgo približno 100 m, široko pa približno 10 m (odvisno od širine krone nasipa). Odvisno od širine bandaže merilnega valjarja je treba razdeliti preskusno polje na pasove, ki se smejo prekrivati največ do 10 % širine bandaže.

Podlaga za preskusno polje mora biti dovolj nosilna in čimbolj enakomerna. Območja z razločno manjšo in večjo nosilnostjo je treba izločiti in obravnavati posebej.

Vsako preskusno polje je treba razdeliti na vsaj 3 podobno dolge odseke in jih zaporedoma

- malo zgostiti z enim merilnim prehodom,
- srednje zgostiti z dvema do tremi zgoščevalnimi in enim merilnim prehodom in nato
- zelo zgostiti, za kar je potrebno zgoščevalne prehode ponavljati, dokler je zaznavno povečanje zgoščenosti, nato pa izvršiti en merilni prehod.

Na ta način je mogoče zagotoviti značilne vrednosti v širokem območju.

Dinamične merske vrednosti, ugotovljene ob robovih preskusnega polja (zunanjih pasovih valjanja), je treba iz vrednotenja za umerjanje izločiti.

6.3 Merilni valjar

Umerjanje merilnega valjarja je predvsem namenjeno določitvi zveze med dinamičnimi merskimi vrednostmi in statičnimi vrednostmi, to je deformacijskimi moduli oziroma stopnjami zgoščenosti.

S tem je zagotovljena možnost,

- da se za s pogodbenimi določili pogojene vrednosti kakovosti (praviloma deformacijske module E_v in stopnje zgoščenosti) določi minimalna dinamična merska vrednost za zadevno delo in
- da se na osnovi z merilnim valjarjem izmerjenih dinamičnih merskih vrednosti lahko sklepa o vrednostih deformacijskih modulov E_v in stopenj zgoščenosti.

Merilni valjar za kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti je treba izbrati predvsem na osnovi izkušenj pri podobnem zgoščevanju materiala in debelin slojev. Upoštevati pa je potrebno tudi parametre valjarja, to je skupno maso, statično linijsko obremenitev bandaže, frekvence, amplitude in hitrost vožnje valjarja. Dodatni kriterij za odločanje pa je željena globina meritev, ki jo je mogoče opredeliti z amplitudo in frekvenco bandaže.

Ker obratovalno stanje poskakovanje bandaže zapleta umerjanje in presojo dinamičnih merskih vrednosti, je treba pri izbiri merilnega valjarja upoštevati tudi ta dejavnik.

6.4 Postopek umerjanja

Vse pomembne podatke, ki lahko vplivajo na dinamične merske vrednosti, je treba zabeležiti.

6.4.1 Preveritev stanja podlage

Po prvem pasu valjanja je treba na že zgoščeni plasti materiala na preskusnem polju izvršiti – z vožnjo naprej – merilni prehod in se po istem pasu vrniti s statično obremenitvijo. Postopek je treba izvesti dvakrat in ga ponoviti na vsakem pasu valjanja.

Če dinamična merska vrednost enega prehoda valjarja bistveno odstopa od drugih, je treba še s tremi prehodi valjarja preveriti, če je na tem pasu zgoščenost še mogoče povečati. Nadaljnje preskušanje je treba prekiniti, rezultat preskusa pa je osnova za nadaljnje ukrepe (npr. preiskavo materiala).

Če pri prehodu merilnega valjarja nastopi obratovalno stanje poskakovanje bandaže, je treba obdržati izbrane parametre valjanja in nadaljevati z meritvami.

Na preskusnem polju je treba neposredno po merilnih prehodih izvesti na mestih z majhnimi, srednjimi in velikimi dinamičnimi merskimi vrednostmi meritve deformacijskih modulov E_{v2} .

Če je med merilnimi prehodi nastopilo obratovalno stanje poskakovanje bandaže, je treba izvesti meritve deformacijskih modulov E_{v2} tudi na tistih mestih.

6.4.2 Preskusna zgostitev

S kontinuiranimi površinskimi dinamičnimi meritvami zgoščenosti je treba v danih pogojih na preskusnem polju določiti

- debelino plasti materiala ter
- način in število prehodov merilnega valjarja in
- optimalni potek zgoščevanja

do zahtevane zgoščenosti vgrajevanega materiala.

Pri tem je treba upoštevati različne amplitude in število statičnih prehodov merilnega valjarja, za merilne prehode pa amplitudo, frekvenco in hitrost vožnje valjarja.

Material, ki bo vgrajevan, je treba na preskusnem polju razprostrti v izbrani debelini plasti.

Na prvem pasu valjanja je treba izvesti z vožnjo naprej merilni prehod (ki je dejansko zgoščevalni prehod), z vzvratno vožnjo po istem pasu pa statični prehod. Ta postopek je treba ponavljati toliko časa, da povečanje dinamične merske vrednosti ni več zaznavno. Enak mora biti potek preskusa tudi na vseh drugih pasovih valjanja.

Če med merilnimi prehodi nastopi v večji meri obratovalno stanje poskakovanje bandaže, je treba postopek prekiniti in ponoviti merilne prehode z manjšo amplitudo in/ali z večjo hitrostjo vožnje valjarja. Če poskakovanje bandaže tudi potem še ne preneha, je treba izvesti dodatno umeritev za takšno obratovalno stanje ali pa uporabiti primeren valjar. Vendar pa je nujno potrebno, da ostanejo nazadnje izbrani parametri valjanja enaki za vse nadaljnje merilne prehode. Pri tem je treba upoštevati, da morajo biti vsi z drugačnimi parametri valjanja izmerjeni pasovi valjanja najmanj enkrat izmerjeni z nazadnje izbranimi parametri valjanja. V naslednjih treh dneh je treba na vsakem pasu valjanja izvesti po en dodaten merilni prehod.

Neposredno po merilnih prehodih, ki so bili izvršeni z nazadnje izbranimi parametri valjanja, je treba izvesti skupaj 18 meritev vrednosti E_{v2} na po šestih merilnih mestih z majhnimi, srednjimi in velikimi dinamičnimi merskimi vrednostmi, vendar le na mestih, kjer obratovalno stanje poskakovanje drenaže ni nastopilo. Merilna mesta je treba tako izbrati, da je pokrito čim širše območje dinamičnih merskih vrednosti.

6.4.3 Preskusi primerjave

Sklop valjar – material – merilna oprema tvori značilno enoto, ki jo je v določenih pogojih treba umeriti z uveljavljenimi postopki preskusov (tč. 5.2).

Načeloma je mogoče dinamične merske vrednosti prirediti vsem vrstam rezultatov uveljavljenih postopkov preskusov.

Soodnosnost med dinamičnimi merskimi vrednostmi in vrednostmi deformacijskih modulov E_{v2} , ugotovljenimi s statično obremenitvijo krožne merilne plošče, je glede na vrednosti deformacijskih modulov E_{v1} nekoliko slabša, vendar pa zadovoljiva. Problematična pa je soodnosnost med

dinamičnimi merskimi vrednostmi in vrednostmi meritev gostote z izotopskimi sondami.

Da ne bi prišlo do prekomernih odstopanj pri določanju soodnosnosti, je potrebna pri meritvah s krožno obremenilno ploščo (po TSC 06.720) posebna pazljivost glede ravnosti, premočenosti in razrahljanosti površine ter uje-manja merilnih mest valjarja in merilne plošče.

Pri preskusih primerjave pa je treba upoštevati, da se doseg kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti v globino razlikuje od statično obremenjene krožne merilne plošče.

6.4.4 Določitev soodnosnosti

Soodnosnost dinamičnih merskih vrednosti in vrednosti deformacijskih modulov E_{v2} je treba določiti na osnovi linearne regresije, prikazati pa v grafični obliki.

Na osnovah izvrednotenih odvisnosti

- dinamičnih merskih vrednosti od vrednosti E_{v2} (y_1) in
- vrednosti E_{v2} od dinamičnih merskih vrednosti (y_2)

sta opredeljeni dve različni regresijski premici (y_1 in y_2), ki se v težišču raztrošenih vrednosti x in y (koordinatah $\bar{x}$ in $\bar{y}$) sekata. Za opredelitev soodnosnosti je treba določiti srednjo premico (slika 8).

Regresijski premici sta opredeljeni z enačbama:

$$y_1 = K_1 x + d_1$$

$$y_2 = K_2 x + d_2$$

kjer je nagib premic K

$$K_1 = S_{xy}/S_{xx} \quad S_{xy} = \sum xy - (\sum x \cdot \sum y) / n$$

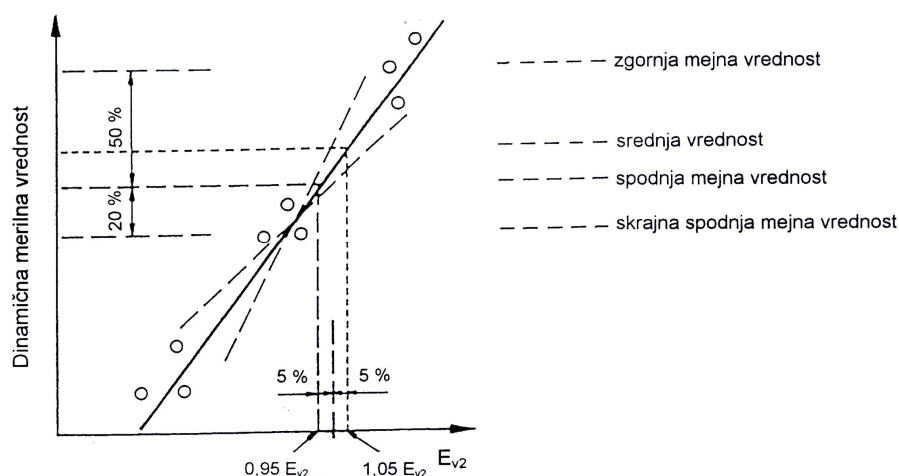
$$K_2 = S_{yy}/S_{xy} \quad S_{xx} = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n$$

$$S_{yy} = \sum y^2 - (\sum y)^2 / n$$

in sečišča premic z ordinato

$$d_1 = \bar{y} - K_1 \bar{x} \quad \bar{y} = (\sum y) / n$$

$$d_2 = \bar{y} - K_2 \bar{x} \quad \bar{x} = (\sum x) / n$$



Slika 8: Določitev soodnosnosti dinamičnih merskih vrednosti in vrednosti deformacijskih modulov E_{v2} z linearno regresijo

Nagib srednje premice v sečišču regresijskih premic je opredeljen z enačbo:

$$K_o = \tan\left(\frac{\arctan K_1 + \arctan K_2}{2}\right)$$

in sečišče z ordinato

$$d_o = \bar{y} - K_o \cdot \bar{x}$$

Srednja premica dinamičnih merskih vrednosti je opredeljena z enačbo:

$$y = K_o \cdot x + d_o$$

Količnik korelacije r , ki mora znašati $\geq 0,7$, je opredeljen za vse tri premice z enačbo:

$$r = s_{xy} / \sqrt{s_{xx} \cdot s_{yy}}$$

Spodnja mejna vrednost dinamične merske vrednosti mora biti v soodvisnosti z $0,95 E_{v2}$, srednja vrednost z $1,05 E_{v2}$, skrajna spodnja mejna vrednost z $0,8 E_{v2}$ in zgornja mejna vrednost z $1,5 E_{v2}$.

Ugotovljene soodvisnosti veljajo samo za preskušeni sklop valjar – material – hitrost vožnje valjarja.

Soodnosnost med deformacijskimi moduli in dinamično mersko vrednostjo k_m – togostjo materiala je informativno opredeljena z enačbo:

$$M_E = [MN / m^2] \cong 0,7 k_m [MN / m] \cdot \frac{1}{[m]}$$

$$E_{v2} \cong 2,2 k_m$$

7 Izvajanje meritev zgoščenosti

7.1 Osnove

Uporaba postopka kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti omogoča površinsko preskušanje kakovosti, ki je vključeno v delovni postopek.

V sklopu tega postopka je potrebno razvrstiti potek preskušanja na površini, kjer je načrtovano zgoščevanje oziroma vgraditev materiala.

Celotno površino je treba razdeliti na izvedbeno-tehnično primerne preskusne odseke, ki morajo zajeti vso površino, vendar pa se ne smejo prekrivati; preskusne odseke za notranjo kontrolo kakovosti morata praviloma določiti izvajalec del in inštitucija skupaj, velikost teh odsekov ter dolžina in širina pasov valjanja pa mora biti podobna kot pri preskusnem polju.

Med merilno vožnjo na pasu valjanja se mora valjar na osnovi opredeljene sheme valjanja premikati naprej; vzvratna vožnja mora biti s statično obremenitvijo bandaže; šele ko je potek meritev na enem pasu valjanja zaključen, se valjar prestavi na naslednji pas valjanja.

Uporabnost postopka kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev zgoščenosti je odvisna predvsem od možnosti upoštevanja dejanskih vplivov podlage na rezultate meritev.

7.2 Merilni prehodi

Prehodi merilnega valjarja, namenjeni za zgoščevanje razprostrtega materiala, morajo biti v osnovi izvršeni, kot je opredeljeno v tč. 6 za preskusno polje.

Kot merilni prehodi valjarja so opredeljeni tisti, pri katerih so dinamične merske vrednosti ustrezno dokumentirane. Parametri merilnih valjarjev, opredeljeni v sklopu umerjanja (tč. 6), morajo biti upoštevani pri vseh merilnih prehodih.

Merilni prehodi so osnova za ovrednotenje stanja v sklopu notranje in zunanje kontrole zgoščenosti materiala.

Da bi bilo zagotovljeno v delovni postopek vključeno preverjanje zgoščenosti materiala, morajo biti vsi merilni prehodi, tudi zgoščevalni prehodi.

Pri nasipih je treba smer merilnega prehoda valjarja za meritev zunanjih pasov valjanja tako določiti, da je na osi bandaže pritrjeni merilnik pospeškov na notranji strani nasipa. Dinamične merske vrednosti, izmerjene v obratovalnem stanju poskakovanja bandaže, morajo biti samodejno izločene.

Vibracijski in oscilacijski valjarji lahko ima med merilnimi prehodi tudi manjšo amplitudo nihanja in večjo hitrost vožnje, kar pa je treba z ustreznim preskusom predhodno preveriti oziroma dokazati.

8 Ocena stanja

8.1 Preskusi

8.1.1 Notranja kontrola

Kontinuirane dinamične meritve zgoščenosti materiala omogočajo v sklopu notranje kontrole izvajanja del

- zagotoviti z usklajevanjem amplitude in frekvence bandaže merilnega / zgoščevalnega valjarja
 - prilagoditev energije (sile) zgoščevanja materiala in
 - optimalni učinek zgoščevanja,
- na osnovi ugotovljenih dinamičnih merskih vrednosti
 - enakomerno zgoščenost materiala in
 - kontrolo zgoščenosti na vsej obravnavani površini,
- optimiranje hitrosti vožnje valjarja in s tem idealne razmake med vnašanjem energije (udarci) ter
- prilagoditev zgoščevanja temperaturi,
 - pogojeni za vrsto asfaltne zmesi,
 - pri prekoračitvi spodnje ali zgornje mejne vrednosti pa v izogib poškodbam samodejno vključitev statičnega zgoščevanja.

Preskusi notranje kontrole – merilni prehodi valjarja so dejavnosti in strošek izvajalca del, namenjene obvladovanju in ugotavljanju skladnosti izvedene zgojitve z zahtevami v pogodbi. V primeru, da po naročilu izvajalca del izvrši oceno dinamičnih merskih vrednosti inštitucija, je mogoče ustrezne rezultate, ugotovljene pri merilnih prehodih, privzeti v oceno v sklopu zunanje kontrole.

8.1.2 Zunanja kontrola

Preskusi v sklopu zunanje kontrole so namenjeni nadzoru, ali so pri izvedenih delih upoštevane s pogodbenimi določili opredeljene zahteve za kakovost, in potrditvi skladnosti. Rezultati teh preskusov so osnova za prevzem in obračun del.

Zunanjo kontrolo mora zagotoviti naročnik, tako da je – ob upoštevanju stanja – preskus vključen v delovni postopek.

Določitev mejnih dinamičnih merskih vrednosti, opredeljeno v tč. 6, in oceno izmerjenih dinamičnih merskih vrednosti, ki bo osnova za zunanjo kontrolo, mora dati inštitucija.

Za prevzem del potrebne zgoščevalne prehode vibracijskega in oscilacijskega valjarja in merilne prehode mora po navodilih inštitucije izvesti izvajalec del, ki mora zagotoviti merilni valjar, merilno opremo in usposobljenega valjarista.

Obratovalno stanje poskakovanje bandaže je treba obravnavati ločeno od stanja stik in privzdigovana bandaža.

V primeru, da zahtevana zgoščenost na več kot eni polovici pasu valjanja ni dosežena, je treba meritve zgoščenosti ponoviti na celotni dolžini preskusnega odseka, potem ko so bili izvedeni primerni tehnični ukrepi za zagotovitev zahtevanih vrednosti.

8.2 Vrste preveritev in zahteve

8.2.1 Stanje zgoščenosti

- Povprečna dinamična merska vrednost enega prehoda merilnega valjarja ne sme biti večja od srednje vrednosti, določene po tč. 6.4.4.
- Če je izmerjena spodnja dinamična merska vrednost enega prehoda merilnega valjarja enaka ali večja od opredeljene spodnje mejne vrednosti, je treba enakomernost zgoščenosti ovrednotiti po tč. 8.2.2, 1. odst.
- Izmerjene dinamične merske vrednosti so lahko pri enem prehodu merilnega valjarja manjše od opredeljene spodnje mejne vrednosti največ na 10 % dolžine pasu valjanja, vendar pa izmerjena dinamična merska vrednost ne sme biti manjša od 80% opredeljene spodnje mejne vrednosti (tj. skrajne spodnje mejne vrednosti). V takšnem primeru majhnega odstopanja od opredeljene spodnje mejne vrednosti je treba enakomernost zgoščenosti ovrednotiti po tč. 8.2.2, 2. odst.

V primeru dokazane nedvoumne zveze med drobljenjem zrn ali zrahljanjem materiala in dinamičnimi merskimi vrednostmi je lahko ugotovljena tudi absolutno največja dinamična merska vrednost.

8.2.2 Enakomernost zgoščenosti (slika 8)

- Ugotovljeno procentualno standardno odstopanje vrednosti zgoščenosti materiala (glede na srednjo vrednost) ne sme biti v sklopu enega merilnega prehoda večje od 20 %.
- Izmerjena največja dinamična merska vrednost zgoščenosti materiala ne sme biti v sklopu enega merilnega prehoda večja od zgornje mejne vrednosti, ki je opredeljena s 150 % spodnje mejne vrednosti.

8.2.3 Porast zgoščenosti

- Če je srednja dinamična merska vrednost enega merilnega prehoda za več kot 5 % večja od srednje vrednosti neposrednega predhodnega prehoda na istem pasu

valjanja, je treba merilne prehode ponavljati toliko časa, da povečanje srednje vrednosti (vsakokrat ovrednoteno glede na predhodno merilno vožnjo) ne znaša več kot 5 %.

V primeru, če se srednja dinamična merska vrednost pri dveh zaporednih merilnih vožnjah zmanjša, je treba valjanje prekiniti. Vendar pa je treba ugotoviti zvezo med zmanjšanjem dinamičnih merskih vrednosti in zrahljanjem materiala oziroma drobljenjem zrn.

8.2.4 Manjša gradbišča

Na manjših gradbiščih in povsod, kjer zaradi gospodarskih in/ali tehničnih razlogov (premajhen prostor, delo pod prometom idr.) umeritev po tč. 6 ne bi bila smiselna, je treba uporabiti naslednji postopek:

- zgoščevanje z merilnim valjarjem je treba izvajati toliko časa, da porast zgoščenosti ni več zaznaven,
- na najšibkejšem mestu je treba izmeriti statični deformacijski modul E_{v2} ,
- če izmerjena vrednost E_{v2} ustreza zahtevam za obravnavano površino, je mogoče z vgrajevanjem naslednje plasti nadaljevati,
- če izmerjena vrednost E_{v2} ne ustreza zahtevam, jo je treba z dodatnimi ukrepi zagotoviti (npr. z dodatnim valjanjem, zamenjavo materiala idr.).

9 Dokumentiranje meritev

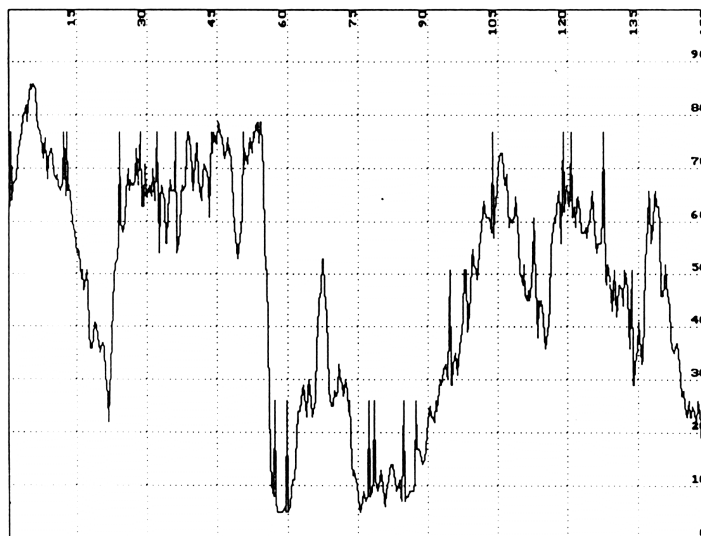
9.1 Splošno

Za vsak preskus, izveden po postopku kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti, je treba v primeren obrazec vpisati za preskusno polje in za vsak preskusni odsek

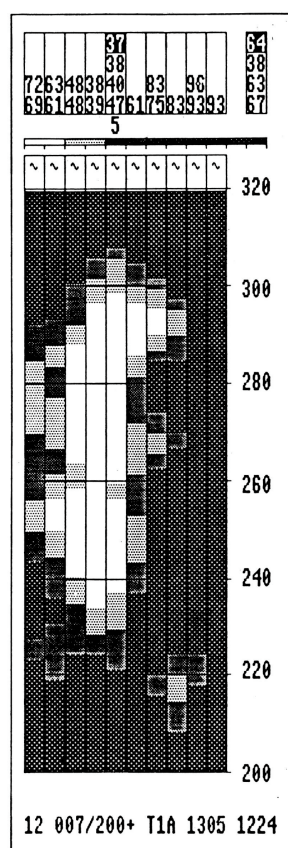
- razpoznavne podatke o preskusnem odseku: stacionažo, koordinate, širino, razvrstitev na odseku, vrsto materiala, debelino plasti,
- podatke o oprepi: maso valjarja, širino in linijsko obremenitev bandaže ter frekvenco, amplitudo in hitrost vožnje valjarja,
- datum meritev in vremenske pogoje ter
- morebitne preostale pomembne podatke.

Za rezultate meritev po postopku kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti, tj. dinamične merske vrednosti, pa je praviloma treba zagotoviti

- tekoče prikazovanje strojniku – valjaristu,
- registriranje v obliki izrisa za pas valjanja (slika 9), za merjeno površino (slika 10) ali podobni obliki in
- shranjenje v spominski enoti.



Slika 9: Primer izrisa – registracije dinamičnih merskih vrednosti k_m (togosti materiala v podlagi) za pas valjanja kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti materiala



Slika 10: Primer izrisa – registracije dinamičnih merskih vrednosti za merjeno površino v pasovih valjanja po postopku kontinuirane površinske dinamične meritve zgoščenosti materiala

Primer:

Parametri valjarja:	masa	10600 kg
	širina bandaže	2,11 m
	frekvenca	28 Hz
	amplituda	0,8 mm
	hitrost vožnje valjarja	3,6 km/h

Zapisi v spominski enoti:

frekvence:	srednja	27,9 Hz
	spodnja mejna	27,6 Hz
	zgornja mejna	28,1 Hz
hitrosti vožnje:	srednja	3,6 km/h
	najmanjša	3,4 km/h
	največja	3,7 km/h
dolžina preskusnega odseka		119,8 m

9.2 Postopek umeritve na preskusnem polju

Po postopku umeritve na preskusnem polju je treba registrirati

- shemo valjanja,
- za vsak pas valjanja zaporednost in število zgoščevalnih prehodov in merilnih prehodov valjarja,
- vsako spremembo amplitude in/ali hitrosti vožnje valjarja (z utemeljitvijo) ter
- primerjalne preskuse (stacionažo, uravnanje z vsakokratno merilno vožnjo).

- spodnjo in zgornjo mejno vrednost ter srednjo vrednost frekvenc, vključno območje odstopanja izven mejnih vrednosti,
- spodnjo in zgornjo mejno vrednost ter srednjo vrednost hitrosti vožnje valjarja, vključno območje odstopanja izven mejnih vrednosti.

Za vsak pas valjanja na preskusnem odseku je treba vsak dan zagotoviti pregleden prikaz zgoščenosti (posnetek površine), ugotovljene pri zadnjem prehodu merilnega valjarja, z označenimi mejnimi vrednostmi in srednjo vrednostjo.

9.3 Postopek meritev na preskusnem odseku

Poleg osnovnih podatkov, navedenih v tč. 9.1, je treba z merilno opremo samodejno registrirati za vsak merilni prehod valjarja

- srednjo ter spodnjo in zgornjo mejno vrednost dinamičnih merskih vrednosti ter procentualno standardno odstopanje (glede na srednjo vrednost),
- izbrano amplitudo,

Ljubljana, 4.4.2005

