

KONTROLA KAKOVOSTI NA SPODNJEM USTROJU ŽELEZNIŠKE PROGE

QUALITY CONTROL IN THE SUBSTRUCTURE OF THE RAILWAY LINES

mag. Dejan HRIBAR, univ. dipl. ing. grad.,

Gradbeni institut ZRMK d.o.o., Center za prometnice in infrastrukturo

POVZETEK

V Sloveniji je sistem kontrole kakovosti in potrjevanja zemeljskih del zasnovan tako, da sodelujejo pri tem notranja kontrola izvajalca (Laboratorij), zunanja kontrola neodvisne tretje stranke (Inštitut) in strokovno tehnične odločitve o prevzemu ali zavrnitvi materialov ali posameznih faz izvedenih del izvaja Inženir.

Pri izvajanju zemeljskih del morajo vsi udeleženci upoštevati vse v Sloveniji veljavne predpise in standarde, razen v primeru, če s temi tehničnimi pogoji ali dodatnimi pisnimi navodili Naročnika ni to drugače določeno.

Pri kontroli kakovosti smo se osredotočili na nevezano nosilno plast – tampon, ki obsega dobavo in vgraditev tamponskega materiala v tamponski sloj, na mestih in v dimenzijah določenih s projektom. Pri izvedbi tamponskega sloja se preverja kakovost zgoščenosti in utrjenosti materiala ter ravnost, višina in nagib. Pred pričetkom navažanja materialov v tamponski sloj, mora Izvajalec predložiti Inženirju dokazila, da je material skladen s SIST EN 13242 - izjavo o skladnosti in CE informacijo. Istočasno mora Izvajalec predložiti podatke lastnih preiskav, določene na enem vzorcu iz tega vira, odvzetem iz deponije pripravljenega materiala. Inženir preveri skladnost lastnosti materiala iz vira s projektnimi zahtevami in tehničnimi pogoji in v primeru ugotovljene skladnosti, dovoli navažanje materiala v poskusni tamponski sloj. Pri teh odločitvah pa v skladu s programom preiskav sodelujeta notranja in zunanja kontrola kakovosti.

Tudi na področju kontrole kakovosti se uvajajo novi postopki, ki izboljšujejo dosedanjo raven kakovosti na spodnjem ustroju železniške proge. Prav gotovo mednje sodi kontinuirana kontrola zgoščenosti - CCC, ki temelji na hitrih zaporednih dinamičnih obremenitvah, omogoča določiti enakomernost zgoščenosti že v fazi zgoščevanja plasti materiala na celotni preverjeni površini (po principu »proofrolling «) in na pregleden način morebitna slaba mesta (tudi v podlagi).

ABSTRACT

In Slovenia, the system of quality control and certification of earthworks is designed to contribute to this internal control operator (Laboratory), external control of an independent third party (the Institute) and professional technical decisions to accept or reject materials or various stages of the works carried out an engineer.

In carrying out the earthworks all participants in the project in Slovenia take account of all current regulations and standards, except in the event of these technical terms or additional written instructions clients not otherwise provided for.

For quality control, we focused on the unbound subbase layer, which includes supply and installation subbase material in the unbound subbase layer, in places, and in dimensions specified by the project. In conducting subbase layer to check the quality and density and evenness of hardened material, height and tilt. Before beginning moisture subbase materials, the Contractor shall provide Engineer evidence that the material complies with the SIST EN 13242 - a declaration of conformity and CE information. At the same time the contractor to provide information of its own investigations, set on one sample from this source, taken from the landfill material prepared. Engineer shall verify compliance properties of the material from a source with design requirements and technical conditions and in the case found consistency, allow moisture material in an experimental subbase layer. With these decisions in accordance with the program part of investigations, internal and external quality control.

Even in the field of quality control are being introduced new procedures to improve the previous level of quality in the substructure of the railway lines. To be sure, may involve continuous control compaction - CCC, based on high-speed sequential dynamic loads can establish uniform density already at the stage of thickening layer of material on the entire cleared area (on the principle of "proofrolling") and in a transparent manner possible bad places (in the ground).

1 UVOD

Spodnji ustroju železniške proge sestavljajo:

- zemeljska tla (zemeljski planum, nasip, zasip, klin, posteljica, tampon) - slika 1
- mostovi in prepusti,
- predori in galerije,
- postajni objekti in naprave.

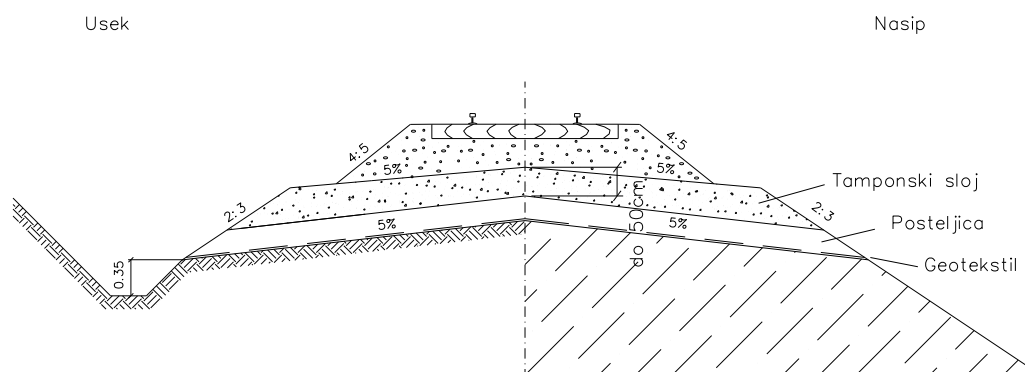
V Sloveniji je sistem kontrole kakovosti in potrjevanja zemeljskih del zasnovan tako, da sodelujejo notranja kontrola izvajalca (Laboratorij), zunanja kontrola neodvisne tretje stranke (Inštitut) in strokovno tehnične odločitve o prevzemu ali zavrnitvi materialov ali posameznih faz izvedenih del izvaja Inženir.

Pri izvajanju zemeljskih del morajo vsi udeleženci upoštevati vse v Sloveniji veljavne predpise in standarde, razen v primeru, če s temi tehničnimi pogoji ali dodatnimi pisnimi navodili Naročnika ni to drugače določeno. Poleg obveznih tehničnih predpisov: zakonov, pravilnikov in standardov z obvezno uporabo se mora pri izvajanju zemeljskih del upoštevati določila standardov, ki so navedena v projektni dokumentaciji.

Pri kontroli kakovosti smo se osredotočili na nevezano nosilno plast – tampon, ki obsega dobavo in vgraditev tamponskega materiala v tamponski sloj, na mestih in v dimenzijah določenih s projektom. Pri izvedbi tamponskega sloja se preverja kakovost zgoščenosti in utrjenosti materiala ter ravnost, višina in nagib. Pred pričetkom navažanja materialov v tamponski sloj, mora Izvajalec predložiti Inženirju dokazila, da je material skladen s SIST EN 13242 - izjavo o skladnosti in CE informacijo. Istočasno mora Izvajalec predložiti podatke lastnih preiskav, določene na enem vzorcu iz tega vira, odvzetem iz deponije pripravljenega materiala. Inženir preveri skladnost lastnosti materiala iz vira s projektnimi zahtevami in tehničnimi pogoji in v primeru ugotovljene skladnosti, dovoli navažanje materiala v poskusni tamponski sloj. Pri teh odločitvah pa v skladu s programom preiskav sodelujeta notranja in zunanja kontrola kakovosti.

Tudi na področju kontrole kakovosti se uvajajo novi postopki, ki izboljšujejo dosedanjo raven kakovosti na spodnjem ustroju železniške proge. Prav gotovo mednje sodi kontinuirana kontrola zgoščenosti - CCC, ki temelji na hitrih zaporednih dinamičnih obremenitvah,

omogoča določiti enakomernost zgoščenosti že v fazi zgoščevanja plasti materiala na celotni preverjeni površini (po principu »proofrolling«) in na pregleden način morebitna slaba mesta (tudi v podlagi). 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).



Slika 1: Shematični prikaz prereza železniške proge v useku in nasipu

2 SISTEM KONTROLE KAKOVOSTI

Sistem kontrole kakovosti in potrjevanja zemeljskih del je zasnovan na naslednjih aktivnostih:

- Notranja kontrola izvajalca - izvaja " Laboratorij ",
- Zunanja kontrola neodvisne tretje stranke - izvaja " Inštitut",
- Strokovno tehnične odločitve o prevzemu ali zavrnitvi materialov ali posameznih faz izvedenih del - izvaja " Inženir ".

Notranja kontrola Izvajalca, ki jo izvaja " Laboratorij " obsega naslednje kontrolne dejavnosti:

- Predhodne preiskave

Vse materiale iz trase ali iz stranskega odvzema, predvidene za uporabo, je potrebno preiskati, da se preverijo ustreznost in skladnost materiala z zahtevami projekta in teh tehničnih pogojev. Laboratorij na osnovi predhodnih preiskav izdela »Poročilo o predhodnih preiskavah materialov iz vira X, za vgradnjo v objekt Y«. Inženir na osnovi podatkov Poročila dovoli (ali zavrne) izvedbo poskusnega polja na objektu Y z materiali iz vira X.

- Poskusna polja

Izvajalec izdelava poskusna polja, da se preveri obnašanje materialov in izbrane tehnologije vgrajevanja. Laboratorij s poostrenim obsegom meritev in preiskav spremlja izvedbo poskusnega polja in dokumentira lastnosti materialov in vgrajenih plasti. Izvedba poskusnih polj vedno in obvezno poteka ob prisotnosti Inštituta, razmerje meritev in preiskav, ki jih na poskusnem polju opravita Laboratorij in Inštitut ni določeno. Poročilo o izvedbi poskusnega polja izdelava Laboratorij in potrdi Inštitut. Inženir na osnovi potrjenega Poročila o izvedbi poskusnega polja dovoli (ali zavrne) pričetek rednih del na zemeljskem objektu.

- Notranja kontrola izvajalca med gradnjo

Med gradnjo Laboratorij izvaja kontrolne meritve in preiskave, potrebne za preverjanje kakovosti in skladnosti zemeljskih del glede na zahteve projekta, v obsegu in na način, kot določajo projekt in tehnični pogoji. Ko laboratorij ugotovi, da sta kakovost materialov in izvedenih del skladna z zahtevami, obvesti Inštitut in zaprosi Inženirja za prevzem izvedenih del.

Zunanja kontrola neodvisne tretje stranke je namenjena:

- nadzoru nad izvajanjem notranje kontrole izvajalca,
- kontrolnim preiskavam in meritvam,
- izrednim preiskavam in meritvam,
- potrjevanju ustreznosti materialov in izvedenih del.

3 TEHNIČNI PREDPISI IN STANDARDI ZA ZEMELJSKA DELA

3.1.1 Splošno

Pri izvajanju zemeljskih del morajo udeleženci v projektu upoštevati vse v Sloveniji veljavne predpise in standarde, razen v primeru, če s temi tehničnimi pogoji ali dodatnimi pisnimi navodili Naročnika ni to drugače določeno.

3.1.2 Standardi

Poleg obveznih tehničnih predpisov: zakonov, pravilnikov in standardov z obvezno uporabo morajo udeleženci pri izvajanju zemeljskih del upoštevati določila naslednjih standardov, ki jih je skladno z navodili tehničnih pogojev potrebno obvezno uporabljati.

Za preiskave in določitev lastnosti zemljin in kamnin se uporabljajo naslednji standardi:

- geotehnično projektiranje SIST EN 1997

Produktni standardi:

- agregati za nevezane in hidravlično vezane materiale za uporabo v inženirskih objektih in za gradnjo cest SIST EN 13242
- kamen za obloge pri vodnih zgradbah – specifikacija SIST EN 13383-1

Postopki preiskav:

- preskusi splošnih lastnosti agregatov SIST EN 932
 - o metode vzorčenja SIST EN 932-1
 - o metode zmanjševanja SIST EN 932-2
 - o postopek in izrazje poenostavljenega petrografskega opisa SIST EN 932-3
- preskusi geometričnih lastnosti agregatov SIST EN 933
 - o določevanje zrnivosti – metoda sejanja SIST EN 933-1
 - o določevanje oblike zrn – modul oblike (3:1) SIST EN 933-4
 - o določevanje odstotka lomljenih površin grobega agregata SIST EN 933-5
 - o ugotavljanje finih delcev – ekvivalent peska SIST EN 933-8
 - o ugotavljanje finih delcev – preskus z metilen modrim SIST EN 933-9
- preskusi mehanskih in fizikalnih lastnosti agregatov SIST EN 1097
 - o določevanje odpornosti proti obrabi (mikro Deval) SIST EN 1097-1
 - o metode določevanja odpornosti proti drobljenju (LA test) SIST EN 1097-2
 - o določevanje prostorninske mase in votlin v nasutem stanju SIST EN 1097-3
 - o določevanje vode s sušenjem v prezračevanem sušilniku SIST EN 1097-5
 - o določevanje prostorninske mase zrn in vpijanja vode SIST EN 1097-6
 - o določevanje kapilarnega dviga vode SIST EN 1097-10
- preskusi lastnosti agregatov zaradi termičnih in vremenskih vplivov SIST EN 1367
 - o določevanje odpornosti proti zmrzovanju in odtaljevanju SIST EN 1367-1
 - o preskus z magnezijevim sulfatom SIST EN 1367-2
- preskusi kemičnih lastnosti agregatov SIST EN 1744

- kemijska analiza, poglavje 7: določanje vsebnosti kloridov (Volhard)
 - SIST EN 1744-1
- kemijska analiza, poglavje 11: določanje skupnega žvepla
 - SIST EN 1744-1
- kemijska analiza, poglavje 12: določanje kislinsko topnih sulfatov
 - SIST EN 1744-1
- kemijska analiza, poglavje 15.1: določanje prisotnosti humoznih delcev
 - SIST EN 1744-1
- kemijska analiza, poglavje 15.3: določanje organskega onesnaženja.
 - SIST EN 1744-1
- kemijska analiza, poglavje 17žarna izguba
 - SIST EN 1744-1
- nevezane in hidravlično vezane zmesi
 - SIST EN 13286
- preskusne metode za laboratorijsko referenčno gostoto/in vsebnost vode - uvod, splošne zahteve in vzorčenje
 - SIST EN 13286-1
- preskusne metode za določanje laboratorijske referenčne
- gostote in vlage – Proctorjev preskus
 - SIST EN 13286-2
- preskusna metoda za ugotavljanje posredne natezne trdnosti
- hidravlično vezanih zmesi
 - SIST EN 13286-42
- testing method for the determination of California bearing ratio, immediate bearing index and linear swelling
 - SIST EN 13286-47
- preskušanje naravnega kamna: ugotavljanje tlačne trdnosti
 - SIST EN 1926
- geotehnično preiskovanje in preskušanje – laboratorijsko preskušanje zemljin
 - SIST-TS CEN ISO/TS 17892
- ugotavljanje vlažnosti
 - SIST-TS CEN ISO/TS 17892-1
- ugotavljanje zrnastostne sestave (sejanje, areometrija..)
 - SIST-TS CEN ISO/TS 17892-4
- ugotavljanje prepustnosti s konstantnim in spremenljivim hidravličnim padcem
 - SIST-TS CEN ISO/TS 17892-11
- ugotavljanje Atterbergovih meja plastičnosti
 - SIST-TS CEN ISO/TS 17892-12

Drugi splošno uveljavljeni postopki:

- Proctorjev preizkus
 - DIN 18127
- meritve in preiskave deformacijskega modula
 - TSC 06.720
- določanje vlažnosti in gostote z izotopsko sondo
 - TSC 06.711
- meritve gostote: Nadomestni postopki
 - TSC 06.712

- vezane spodnje nosilne plasti s hidravličnimi vezivi	TSC 06.320
- prirodni kamen: uzimanje uzorka kamnea i kamenih agregata	JUS B.B0.001
- prirodni kamen: odredživanje upijanja vode	JUS B.B8.010
- prirodni kamen: odredživanje pritisne čvrstoče	JUS B.B8.012
- klasifikacija zemljin	JUS U.B1.001
- geomehanske preiskave določanje granulometrijske sestave	JUS U.B1.018
- geomehanske preiskave določanje konsistence zemljin	JUS U.B1.020
- geomehanske preiskave določanje koeficienta propustnosti	JUS U.B1.034
- geomehanske preiskave določanje CBR	JUS U.B1.042
- določanje prostorninske mase	JUS B.B8.030
- določanje humoznosti	JUS B.B8.039
- določanje pH vrednosti zemljin	BS 1377
- določanje vsebnosti kloridov v zemljinah	BS 1377
- določanje vsebnosti sulfatov v zemljinah	BS 1377
- geotekstilije - Natezni preskus na širokih preskušancih	SIST EN ISO 10319
- geosintetika - Statični prebojni preskus z žigom (CBR)	SIST EN ISO 12236
- geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji železnic	SIST EN 13250
- geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Ugotavljanje značilnih velikosti odprtin	SIST EN ISO 12956
- geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Ugotavljanje prepustnosti za vodo	SIST EN ISO 11058
- geotekstilije - koeficient prepustnosti pri 20 kPa	E-Din 60 500-4

Oznaka TSC pomeni tehnične specifikacije za javne ceste, ki jih je izdalo Ministrstvo za promet Republike Slovenije, Direkcija RS za ceste.

4 KONTROLA KAKOVOSTI

4.1 Nevezana nosilna plast – tampon

4.1.1 Splošno

Delo obsega dobavo in vgraditev tamponskega materiala v tamponski sloj, na mestih in v dimenzijah določenih s projektom. Z izdelavo tamponske plasti je možno pričeti, ko je Inženir potrdil ustreznost vira tamponskega materiala, a šele potem, ko je Inženir prevzel planum posteljice.

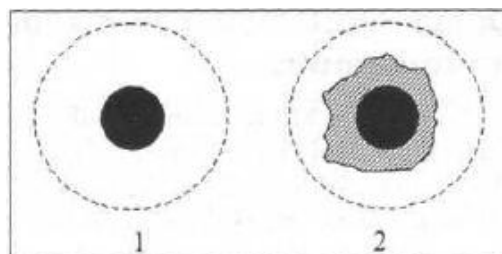
4.1.2 Materiali za tampon

Materiali za tampon so lahko izključno drobljeni kamniti materiali proizvedeni iz zdravih, trdnih, gostih, na vodo in zmrzal obstojnih kamnin ali prodov. Material mora biti skladen s SIST EN 13242. Izvajalec mora pred vgradnjo predložiti izjavo o skladnosti in CE informacijo. Projektant predpiše zahtevane lastnosti tampona.

4.1.3 Kakovost materialov za tampon

Zahtevana zrnavost tamponskih materialov mora ustrezati grafom iz TSC 06.200 pri čemer pa morajo ostali parametri zrnivosti izkazovati naslednje vrednosti:

- delež zrn pod 0,06 mm 3 - 8 %
- karakteristike finih delcev Metilen modro MB (slika 2) < 1,5 g/kg
- koeficient neenakomernosti 15 - 50
- vsebnost podolgovatih, slabo oblikovanih zrn, metoda 1:3 max. 20 %.
- drobna zrna ne smejo biti plastična.
- kriterij za predrobljenost proda – kategorija C70/10
- tamponski drobljenec sme obarvati raztopino natrijevega luga svetleje od standardne raztopine.



Slika 2: Preiskava MB temelji na opazovanju barvnega kroga ali pojave halo. Skica 1 - vse barvilo je adsorbirano, skica 2 - adsorpcijska sposobnost zemljine je izčrpana

4.1.4 Kakovost izvedbe

4.1.4.1 Zgoščenost in utrjenost

Zahtevane vrednosti so:

- srednja vrednost zgoščenosti $\geq 98 \%$,
- nosilnost (slika 3), E_{vs2} je podana v tehnični dokumentaciji, pri čemer mora biti razmerje E_{vs2}/E_{vs1} manjše od 2,0.

1. Nove proge in obstoječe proge na katerih hitrost vlakov presega 120 km/h:

- nosilnost 100 MPa

2. Magistralne proge na katerih hitrost vlakov ne presega hitrosti 120 km/h:

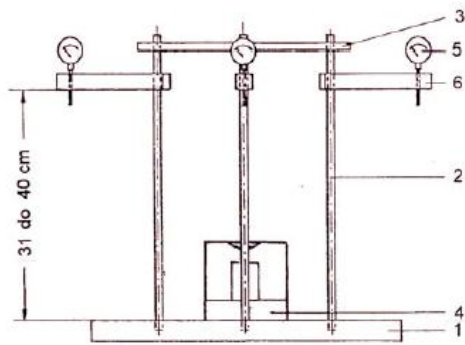
- nosilnost 80 MPa

3. Ostale proge:

- nosilnost 60 MPa.

Spodnja mejna vrednost zgoščenosti ne sme biti manjša od 3 % glede na srednjo vrednost.

V primeru, če je $E_{vs1} \geq 60$ MPa, razmerje E_{vs2}/E_{vs1} ni odločilno.



Slika 3: Shema krožne obremenilne plošče z opremo za meritve statičnega deformacijskega modula E_{vs}

4.1.4.2 Ravnost, višina, nagib

Planum tamponskega sloja lahko na 4 m dolžine merilne letve odstopa v poljubni meri na os proge največ 20 mm. Planum tamponskega sloja sme od projektirane kote odstopati največ 10 mm. Prečni nagib planuma tampona mora biti 5 %, dovoljena odstopanja so $\pm 0,5 \%$.

4.1.5 Preverjanje kakovosti izvedbe

4.1.5.1 Preverjanje kakovosti materialov

Pred pričetkom navažanja materialov v tamponski sloj, mora Izvajalec predložiti Inženirju dokazila, da je material skladen s SIST EN 13242 - izjavo o skladnosti in CE informacijo. Istočasno mora Izvajalec predložiti podatke lastnih preiskav, določene na enem vzorcu iz tega vira, odvzetem iz deponije pripravljenega materiala. Inženir preveri skladnost lastnosti materiala iz vira s projektnimi zahtevami in tehničnimi pogoji in v primeru ugotovljene skladnosti, dovoli navažanje materiala v poskusni tamponski sloj.

4.1.5.2 Predhodne tehnološke preiskave

Na polju velikosti 8 m x 30 m se izvede poskusno polje za tampon.

Pri tem se preverijo:

- uporabnost materiala za tampon, 2 vzorca iz nasute plasti po komprimiranju, kontrola zrnivosti, vlažnosti in optimalne vlage,
- zgoščenost plasti s 15 meritvami dosežene gostote in vlažnosti plasti,
- nosilnost na planumu s 3 meritvami deformacijskih modulov s krožno ploščo,
- ravnost in višino plasti na treh mestih.

Rezultate kontrolnih preiskav in meritev Izvajalec preda v potrditev Inženirju, ki nato dovoli pričetek del na redni izvedbi tamponskega sloja.

4.1.5.3 Notranja kontrola

Notranja kontrola izvaja tekoče preiskave, ki jih zagotavlja Izvajalec, obsegajo:

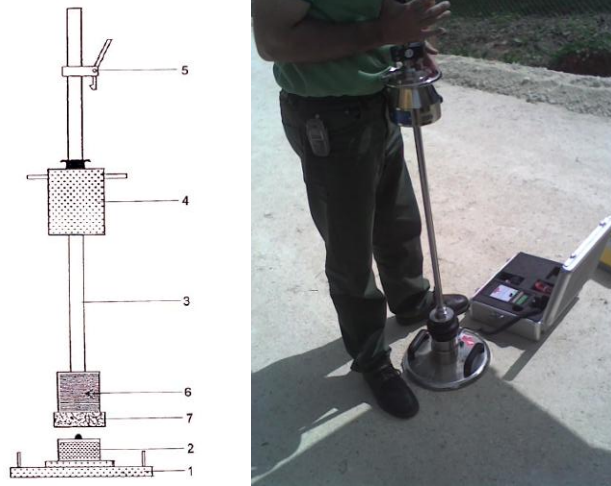
Preiskave materialov

- zrnavost, humoznost in vlažnost 1/1000 m³
- optimalna vlažnost in max. gostota 1/4000 m³
- karakteristike finih delcev Metilen modro 1/4000 m³

Preiskave med vgrajevanjem

- vlažnost in gostota 1/20 m'
- deformacijski modul:

- dinamični E_{vd} (slika 4) 1/40m'
- statični E_{vs} (slika 3) 1/200 m'
- ravnost planuma 1/20 m'
- višina planuma 1/20 m'.



Slika 4: Krožna obremenilna plošča s padajočo utežjo za meritve dinamičnega deformacijskega modula E_{vd}

Zgoraj podani obseg predstavlja minimalni obseg tekočih preiskav. Inženir lahko v primeru, če ugotovi večja odstopanja rezultatov od predhodnih preiskav, obseg minimalnih preiskav naknadno poveča. V kolikor obstaja sum na neustrezno kakovost proizvodnje tamponskega agregata, Inženir lahko od Izvajalca zahteva ponoven atest proizvedenega materiala iz kamnoloma.

4.1.5.4 Zunanja kontrola

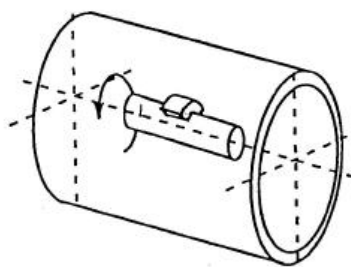
Inštitut kontrolira kakovost materialov in izvedenih del v razmerju 1:4 s tekočimi preiskavami.

4.2 **Postopek kontrole kakovosti po principu kontinuirane kontrole zgoščevanja – CCC (TSC 06.713)**

Postopek kontinuirane kontrole zgoščanja 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 »proofrolling«) 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).

Rezultati kontinuirane kontrole zgoščanja materiala, vgrajenega v nasipe ter v nevezane in vezane zmesi kamnitih zrn v plasteh spodnjega ustroja železniške proge, ugotovljeni z valjarji z integriranim merilnim sistemom, morajo biti primerno dokumentirani. Postopek kontinuirane kontrole zgoščanja materiala je zasnovan na medsebojnem vplivu v nihanje vzbujene jeklene bandaže valjarja in materiala pod njo (drobnoali grobozrnate 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 5). Za vzbuditev nihanja sta lahko v vibracijskem valjarju ekscentrično nameščeni tudi dve ekscentrični masi, ki pa se morata vrteti v nasprotnih smereh (slika 6). Vzbujeno nihanje bandaže mora biti usmerjeno v odvisnosti od namena postopka zgoščevanja.



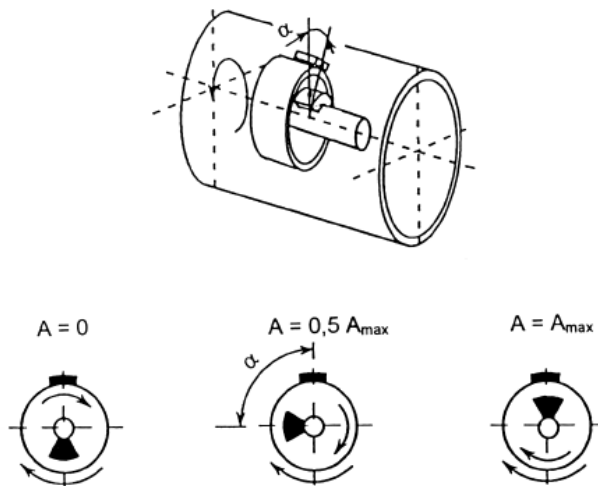
Slika 5: Kolo vibracijskega valjarja z izbrano (enako) amplitudo

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

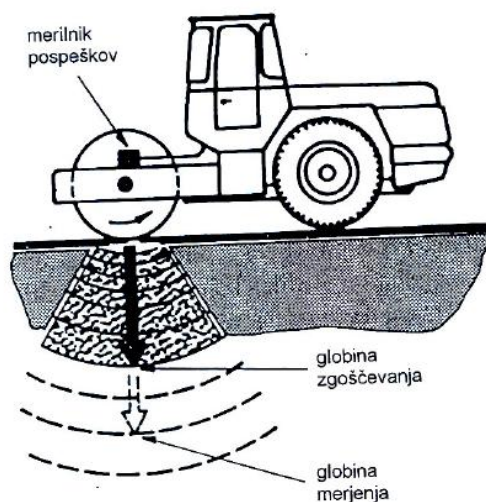
Med zgoščevanjem z merilnim valjarjem se energija gibanja med merilnim kolesom in sistemom nihanja valjar / material stalno izmenjuje. Zaradi dušenja porabljeno energijo je treba nadomestiti s pogonom merilnega valjarja. Količino te energije je treba določiti na osnovi

- 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. Postopek je primeren za preveritev trenutne zgoščenosti vgrajenih nevezanih in vezanih ter recikliranih materialov povsod, kjer je delo mogoče izvajati z vibracijskimi valjarji (slika 7). 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. Drobnozrnate 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 meritev zgoščenosti (podlaga, debelina plasti, merilna oprema).



Slika 7: Valjar z vgrajenim sistemom za kontinuirano kontrolo zgoščanja

5 ZAKLJUČEK

V Sloveniji je sistem kontrole kakovosti in potrjevanja zemeljskih del zasnovan tako, da sodelujejo pri tem notranja kontrola izvajalca (Laboratorij), zunanja kontrola neodvisne tretje

stranke (Inštitut) in strokovno tehnične odločitve o prevzemu ali zavrnitvi materialov ali posameznih faz izvedenih del izvaja Inženir.

Pri izvajanju zemeljskih del morajo vsi udeleženci upoštevati vse v Sloveniji veljavne predpise in standarde, razen v primeru, če s temi tehničnimi pogoji ali dodatnimi pisnimi navodili Naročnika ni to drugače določeno.

Kontrola kakovosti nevezane nosilne plasti – tampon obsega dobavo in vgraditev tamponskega materiala v tamponski sloj, na mestih in v dimenzijah določenih s projektom. Pri izvedbi tamponskega sloja se preverja kakovost zgoščenosti in utrjenosti materiala ter ravnost, višina in nagib. Pred pričetkom navažanja materialov v tamponski sloj, mora Izvajalec predložiti Inženirju dokazila, da je material skladen s SIST EN 13242 - izjavo o skladnosti in CE informacijo. Inženir preveri skladnost lastnosti materiala iz vira s projektnimi zahtevami in tehničnimi pogoji in v primeru ugotovljene skladnosti, dovoli navažanje materiala v poskusni tamponski sloj. Pri teh odločitvah pa v skladu s programom preiskav sodelujeta notranja in zunanja kontrola kakovosti.

Tudi na področju kontrole kakovosti se uvajajo novi postopki, ki izboljšujejo dosedanjo raven kakovosti. Prav gotovo mednje sodi kontinuirana kontrola zgoščenosti - CCC, ki temelji na hitrih zaporednih dinamičnih obremenitvah, omogoča določiti enakomernost zgoščenosti že v fazi zgoščevanja plasti materiala na celotni preverjeni površini (po principu »proofrolling «) in na pregleden način morebitna slaba mesta (tudi v podlagi).

6 VIR

[1] Pravilnik o obliki tehničnih smernic za projektiranje gradnje in vzdrževanje objektov (Ur.l. RS št. 54/2003)

[2] Pravilnik o vzdrževanju spodnjega ustroja na progah JŽ (Sl. Glasnik ZJŽ, št. 3/71, 999/1975; pravilnik 315)

[3] TSC 06.720:2003 MERITVE IN PREISKAVE Deformacijskih modulov vgrajenih materialov

[4] TSC 06.713:2005 MERITVE GOSTOTE Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev