

PRIKUPLJANJE PODATAKA ZA FORMIRANJE BAZE PODATAKA NA DRŽAVNOM PUTU II-A REDA, BROJ 120, DEONICA ŠID - KUZMIN**DATA COLLECTION FOR THE FORMATION OF A DATABASE ON THE STATE ROAD II-A, NO. 120, ROAD SECTION ŠID - KUZMIN**

Vladana Lalović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada prikazane su metode i uređaji za prikupljanje podataka o karakteristikama kolovoza. Akcenat je stavljen na podatke koji se odnose na strukturno mehaničke karakteristike kolovoza. Dat je osvrt na teorijske osnove metodologije za projekovanje pojačanja i rekonstrukcije kolovoznih konstrukcija kao i analiza metoda za dimenzionisanje pojačanja kolovoznih konstrukcija pomoću izmerenih defleksija / ugiba kolovoznih konstrukcija. Dat je i osvrt na princip rada sledećih uigibomera kao i odogovarajuću metodologiju analize nosivosti kolovoznih konstrukcija. Primer je urađen na deonici Šid – Kuzmin.

Gljučne reči: kolovozna konstrukcija, rehabilitacija, defleksija.

Abstract – Within this paper, methods and devices for collecting data on pavement characteristics are presented. Emphasis is placed on the data related to the structural and mechanical characteristics of the pavement. An overview of the theoretical foundations of the methodology for designing reinforcement and reconstruction of roadway structures is given, as well as an analysis of methods for dimensioning the reinforcement of roadway structures using measured deflections / bends of roadway structures. An overview of the working principle of the following flexometers is given, as well as the corresponding methodology for the analysis of the bearing capacity of pavement structures. The procedure itself is shown on the example of a State road Šid – Kuzmin.

Keywords: pavement construction, rehabilitation, deflection.

1. UVOD

Posle određenog perioda eksploatacije kolovozne konstrukcije javlja se potreba za analiziranjem iste sa aspekta nosivosti, a sve u cilju određivanja trenutne / efektivne nosivosti i projektovanja tehničkih mera rehabilitacije. Dat je i osvrt na prikaz metoda i uređaja za prikupljanje podataka o karakteristikama kolovoza te je akcenat stavljen na karakteristike koje se odnose na strukturno – mehaničke karakteristike kolovoza:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof.dr Miloš Šešlija.

- Benkelmanova greda
- Lakroa – defektograf
- FWD.

Zatim, prikazano je Idejno-inženjersko rešenje projekta kolovozne konstrukcije za potrebe rekonstrukcije državnog puta II-A reda, broj 1, deonica Šid - Kuzmin. Analiza nosivosti kolovozne konstrukcije je izvršena prema defleksijama merenim padajućim tegom – FWD uređajem te je dat zaključak o stanju postojeće kolovozne konstrukcije kao i projektna rešenja na osnovu kojih je izvršena tehnička mera rekonstrukcije.

2. PRIKAZ METODA ZA ISPITIVANJE STRUKTURNO - MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA**2.1. Benkelmanova greda**

Benkelmanova greda predstavlja mehanički merni uređaj koji prenosi vertikalne pokrete (ugib) površine kolovozne konstrukcije na merni sat (slika 1). Sastoji se od sledećih komponenti:

- prenosnog ili pokretnog držača sa tri oslonca; visinu oslonaca je moguće prilagođavati,
- vertikalnog pokretnog kraka senzora, koji je moguće blokirati,
- mernog sata (prečnika 100 mm), opsega merenja od 30 mm, sa podelom skale od 0,01 mm,
- vibratora koji je moguće podesiti u cilju uklanjanja trenja kraka senzora kao i trenja na mestu mernog sata.

Benkelmanova greda omogućava merenje:

- ukupnog, odnosno elastičnog i plastičnog ugiba površine kolovozne konstrukcije metodom „pri dolazećem opterećenju”) i,
- samo elastičnog ugiba (metodom „pri odlazećem opterećenju”), za koji se uglavnom smatra da određuje stvarno stanje kolovozne konstrukcije.

Benkelmanovu gredu treba postaviti na odabrano merno mesto, kako bi se obezbedio dobar kontakt sva tri nosača držača i kako bi se postigla poprečna horizontalnost držača. Pre početka merenja ugiba potrebno je izmeriti temperaturu asfaltnog zastora. Prilikom merenja ugiba, u skladu sa metodom „pri dolazećem opterećenju”, vozilo mora da se kreće unazad brzinom od 0.5 m/s, i mora pažljivo da se približi vrhu senzora na kraku Benkelmanove grede. Par zadnjih točkova na vozilu mora, na početku merenja, biti 3 m udaljen od vrha

senzora. U toku izvođenja ispitivanja, na određenim udaljenostima propisno opterećene osovine vozila od vrha senzora (2, 1, 0,5; i 0,25 m), i ukoliko se vrh senzora nalazi ispod osovine zadnjih točkova vozila, vrednosti ugiba treba očitavati na mernom satu.

Po isteku oko dva minuta, vozilo treba da se vrati nazad na polaznu tačku, brzinom od oko 0,5 m/s. Ugib treba izmeriti kada je opterećena osovina vozila 1 m i 3 m udaljena od vrha senzora [1].



Slika 1: Benkelmanova greda

2.2. Lakroa - deflektograf

Lakroa-deflektograf se sastoji iz sledećih osnovnih komponenti (slika 2):

- Vozila, koje prenosi mernu spravu, i predstavlja opterećenje za izvođenje merenja
- merne sprave koja se sastoji od fiksnog nosivog okvira, pokretnog nosivog okvira sa dva kraka senzora, dva induktivna merača pokreta kraka senzora, sistema sa računarskom podrškom za nadzor nad merenjem, kontrolu pokreta pokretnog nosivog okvira, automatsko evidentiranje ugiba, i prenos podataka na računar
- računara sa programima za evidentiranje svih potrebnih podataka izvedenim merenjima i dobijenim rezultatima

Kako bi se izvršilo opterećenje mernog sata, zadnja osovina vozila mora da bude spravljena sa dva para točkova. Osovinsko opterećenje treba da iznosi do 100 kN. Opterećenje je moguće podešavati regulišući količinu vode koja se nalazi u rezervoaru postavljenom na vozilu. Pritisak u gumama točkova na mernoj osovini mora biti isti / konstantan i iznositi 0.7 do 0.8 MPa. Za merenje temperature asfaltnog zastora upotrebljava se termometar u opsegu od 0 °C do 50 °C [1].



Slika 2: Lakroa deflektograf

2.3. FWD uređaj

FWD uređaj (deflektometar sa padajućim tegom) se sastoji od sledećih delova:

- jednoosovinske prikolice, koja služi za prevoz sprava za dinamičko opterećenje (slobodno padajući tegovi, senzori, sistem gumenih opruga, kružna ploča sa čelijom za

opterećenje) i za prevoz merne sprave (merači ugiba – geofoni),

- sistema sa računarskom podrškom za nadzor nad merenjem i prenos podataka na računar,

- računara sa programima za kontrolu čitavog postupka i sprava za beleženje i obradu svih potrebnih podataka o izvedenim merenjima ugiba i dobijenim rezultatima. [1]

Trenutno u svetu najzastupljeniji ugibomer sa padajućim teretom je FWD (Falling Weight Deflectometer) danskog proizvođača „DYNATEST“ (slika 3).

Ugibomer sa padajućim teretom se sastoji od tega mase od 150 kg za puteve i 400+250 kg za aerodrome – HWD), koji vertikalno pada (visina varira od 0.04 do 0.4 m) na ploču prečnika 300 ili 450 mm, spregnutu sa oprugom. Maksimalna veličina tereta može da varira (od 15 do 150 kN) uz pomoć:

- promene mase tereta,
- promene visine pada (najparaktičniji način za promenu sile),
- promene konstantne opruge.



Slika 3: FWD

Način merenja ugiba površine kolovozne konstrukcije zasniva se na dinamičkom opterećenju kružne ploče padajućim teretom. Trajanje i sila opterećenja treba da budu isti kao i u slučaju opterećenja pomoću točkova vozila.

Pre početka merenja ugiba potrebno je osigurati savršeno naleganje kružne ploče kao i grede sa geofonima na površinu kolovozne konstrukcije, izmeriti temperaturu asfaltnog zastora, postaviti pojedine osnovne i moguće dodatne parametre za merenje (način opterećenja, broj sprava za merenje) [1].

3. TEORIJSKE OSNOVE METODOLOGIJE ZA PROJEKTOVANJE POJAČANJA KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Nosivost kolovoznih konstrukcija se utvrđuje laboratorijskim i terenskim istaživanjima. U laboratoriji se pod kontrolisanim uslovima utvrđuju čvrstoće materijala (modul krutosti – elastičnosti, čvrstoća na zatezanje pri savijanju, otpornost na zamor i Poasonov koeficijent), a na terenu „krutost“ kolovoza (odnos opterećenja i odgovarajućeg elastičnog ugiba).

U ovom radu prikazana je ocean nosivosti na osnovu ugibomera sa padajućim teretom, FWD (Falling Weight Deflectometer) danskog proizvođača „DYNATEST“.

4. IDEJNO-INŽENJERSKO REŠENJE PROJEKTA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE ZA POTREBE REKONSTRUKCIJE DRŽAVNOG PUTA II-A REDA, BROJ 120, DEONICA OD 5+524 DO 20+916 (ŠID-KUZMIN)

4.1. Postojeće stanje

Podaci o oštećenosti površine kolovoza su prikupljeni kontinualnim i detaljnim vizuelnim pregledom predmetne deonice uz odmeravanje i stacioniranje. Oštećenja su prikupljena u skladu sa katalogom oštećenja dostavljenom od strane JP Putevi Srbije. Karakterističnih oštećenja koja su uočena na predmetnoj deonici (slika 4) :

(1) mrežaste-aligator pukotine, (2) kolotrazi, (3) intervencije, (4) izlučivanje bitumen, (5) pojedinačne-random pukotine, (6) podužne pukotine, (7) pojedinačne pukotine koje su reflektovane, (8) uleguća.

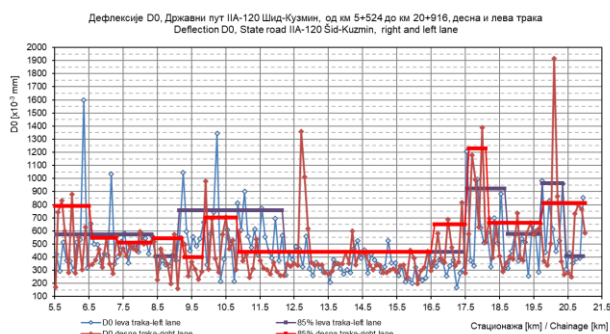


Slika 4: Karakteristična oštećenja

4.2. Struktura kolovozne konstrukcije

Merenje nosivosti postojeće kolovozne konstrukcije je izvršeno deflektometrom sa padajućim teretom Danskog proizvođača Dynatest FWD. Merenje je izvršeno izborom odgovarajućeg tereta i visine pada, nanošenjem sile od ~50 kN na kružnu ploču prečnika Ø300 mm, koja je bila postavljena na površinu kolovoza. Na svakoj mernoj tački na kolovozu, izvršena su 3 udarca. Merenje defleksije pri svakom udarcu je vršeno geofonima postavljenim na sledećim udaljenostima od centra kružne ploče: r=0 mm, 300 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm, 1500 mm i 1800 mm. Defleksije površine kolovoza merene su u desnom tragu točka obe saobraćajne trake uz ivicu kolovoza na svakih 100m, odnosno naizmenično na svakih 50m deonice puta. Merna mesta na levoj saobraćajnoj traci su smaknuta za po 50 metara u odnosu na merna mesta na desnoj saobraćajnoj traci.

Deflektogram izmerenih defleksija sa prikazanim vrednostima na svim senzorima (geofonima) dat je na sledećoj slici za desnu, odnosno, za levu saobraćajnu traku, respektivno:



Slika 5: Deflektogram izmerenih defleksija na svim senzorima

Definisanje homogenih poteza vrši se na osnovu metode kumulativnih razlika na bazi maksimalnog ugiba u centru opterećenja d_0 , odnosno definiše se promena ugiba duž deonice u odnosu na prosečnu vrednost ugiba na deonici.

Broj homogene deonice	Mero davna traka	Хомогене деонице		Дефлексије Do(μm)			
		Стационажа Од (км)	Стационажа До (км)	Средња вред	85 %	85% (20 ^o C)	Дужина I (m)
I	Д	5+524	6+500	510	789	907	976
II	Л	6+500	8+360	513	573	642	1860
III	Д	8+360	9+150	381	543	624	790
IV	Л	9+150	12+150	580	757	871	3000
V	Д	12+150	16+500	380	437	494	4350
VI	Д	16+500	17+500	465	650	734	1000
VII	Л	17+500	18+700	613	921	1068	1200
VIII	Д	18+700	19+800	511	660	759	1100
IX	Д	19+800	20+916	618	811	932	550

Slika 6: Homogeni potezi

4.3. Zaključak o stanju postojeće kolovozne konstrukcije

Na osnovu analiziranih parametara:

- defleksija površine kolovoza,
- nosivosti posteljice kolovozne konstrukcije,
- postojeće strukture kolovozne konstrukcije,
- karakteristika pojedinih slojeva kolovozne konstrukcije,
- stanja oštećenosti površine kolovoza,
- podužne ravnosti površine kolovoza,
- poprečne ravnosti površine kolovoza
- nivelacionih odnosa kroz četiri naseljena mesta.

Definisani su sledeći homogeni potezi za koja će biti primenjena određena projektna rešenja:

Broj homogene deonice	Početna stacionaža	Krajnja stacionaža	Dužina (m)
1.	5+524	6+500	976
2.	6+500	8+360	1860
3.	8+360	9+500	1140
4.	9+500	12+150	2650
5.1	12+150	12+550	400
5.2	12+550	14+240	1690
5.3	14+240	15+800	1560
5.4	15+800	16+400	600
6.	16+400	17+600	1200
7.	17+600	18+500	900
8.	18+500	19+500	1000
9.	19+500	20+916	1416

5. UPOTREBA PRIKUPLJENIH PODATAKA O STRUKTURNO - MEHANIČKIM KARAKTERISTIKAMA NAKON DEFINISANJA HOMOGENIH POTEZA I USVOJENA PROJEKTNА REŠENJA

Nakon definisanja homogenih poteza analiziraju se uticajni parametri tj. saobraćajno opterećenje i klimatski parametara koji se koriste za proračun potrebnog ojačanja kolovozne konstrukcije te usvajanje projektnih rešenja za izdvojene homogene poteze.

Prilikom analize parametra saobraćajnog opterećenja neophodno je odrediti merodavno saobraćajno opterećenje za projektni period od 10 i 20 godina na osnovu Izveštaja o sedmodnevnom kontrolnom brojanju saobraćaja [2].

Sledeći uticajni parametri koji se analiziraju jesu klimatski parametri:

- izvrši se korekcija defleksija koje odgovaraju sili od 50 kN kao i korekcija defleksije d_0 za referentnu temperaturu od 20°C
- odrede se merodavne srednje mesečne temperature vazduha i u asfaltnim slojevima
- analizira se uticaj mraza u skladu sa standardom U.B9.012, tj. odredi se potrebna debljina kolovozne konstrukcije za delimičnu zaštitu materijala od uticaja mraza, za loše hidrološke uslove kao i za Indeks mraza od $I_m=300$ (stepeni x dana).

Kada se svi uticajni parametri odrede pristupa se proračunu potrebnog ojačanja kolovozne konstrukcije. Proračun čini definisanje nosivosti postojeće kolovozne konstrukcije i definisanje potrebne nosivosti kolovozne konstrukcije za buduće eksploatacione uslove. Potrebno pojačanje se proračunava po sledećoj jednačini:

$$d_{poj} = \frac{SN_{pot} - SN_{eff}}{a_1}$$

gde je:

SN_{pot} - *potreban strukturni broj*

SN_{eff} - *efektivan strukturni broj postojeće kolovozne konstrukcije*

a_1 - *koeficijent zamene sloja za pojačanje*

Proračun je sprovodi u dva osnovna koraka za sve homogene poteze:

- proračun efektivnog strukturnog broja postojeće kolovozne konstrukcije SN_{eff}
- proračun potrebnog strukturnog broja kolovozne konstrukcije za buduće eksploatacione uslove.

Nakon završetka proračuna potrebnog ojačanja usvajaju se konačna projektna rešenja.

4.4. Usvojena projektna rešenja

Primer usvojenog projektnog rešenja za homogen potez 1:

1. Projektno rešenje uključuje izradu pripremnih radova pre izrade slojeva ojačanja:
 - Uklanjanje/struganje postojećih asfaltnih slojeva u debljini $d=6.5\text{cm}$,
 - Popravka mrežastih pukotina intenziteta M i H – 750.5 m²,
 - Popravka ulegnuća svih intenziteta – 103.5 m²,
 - Popravka oštećenih intervencija kolovoza intenziteta M i H – 599.9 m²,
 - Popravka oštećene ivice kolovoza svih intenziteta – 24 m²,
2. Slojevi ojačanja uključuje izradu:
 - Bitumeniziranog nosećeg/izravnavajućeg sloja BNS 22sA sa PmB 45/80-65 debljine $d_{min}=8\text{cm}$,
 - Habajućeg sloja AB11s sa PmB 45/80-65 debljine $d=4\text{cm}$.

5. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj analize nosivosti i projektovanja tehničkih mera rehabilitacije / sanacije, na osnovu izmerenih ugiba i drugih prikupljenih podataka, jeste produžetak eksploatacionog perioda kolovozne konstrukcije uz potrebno pojačavanje / zamenu slojeva kolovozne konstrukcije. Prema tome, značajno se smanjuju i finansijska sredstva potrebna za rehabilitaciju / sanaciju, obzirom da se preciznim proračunom uz poznavanje strukture kolovozne konstrukcije definišu potrebne debljine slojeva za pojačanje. Ispitivanju i analizi nosivosti, prethode istražni radovi sa ciljem definisanja kvaliteta materijala i fundamentalnih karakteristika kolovozne konstrukcije koje koreliraju sa ostalim parametrima prilikom donošenja konačnih zaključaka.

U ovom radu je obrađeno sledeće:

- metode i uređaji za prikupljanje podataka o karakteristikama kolovoza
- prikaz i analiza metoda za ispitivanje strukturno - mehaničkih karakteristika kolovoza
- teorijske osnove za projektovanje pojačanja kolovoznih konstrukcije,
- idejno-inženjersko rešenje rešenje državnog puta broj 120 Šid – Kuzmin, bazirano na analizi nosivosti postojećeg kolovoza prema izmerenim ugibima / defleksijama FWD uređajem, sa padajućim teretom.
- upotreba prikupljenih podataka o strukturno – mehaničkim karakteristikama nakon definisanja homogenih poteza i usvojena projektna rešenja.

6. LITERATURA

[1] „Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji” – JP „Putevi Srbije“

[2] „Kolovozne konstrukcije” – prof. dr Aleksandar Cvetanović

Kratka biografija:



Vladana Lalović rođena je u Istočnom Sarajevu 1995. god.. Posle studija građevinarstva na FTN-u u Novom Sadu, stiče zvanje diplomiranog inženjera građevine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka, na Departmanu za građevinarstvo i geodeziju odbranio je 2024.god.
kontakt: vladnaalalovic1@gmail.com