

UTICAJ KRUTOSTI PODLOGE NA DISTRIBUCIJU NAPONSKOG STANJA KOD PREDNAPREGNUTOG BETONSKOG ŽELEZNIČKOG PRAGA TIP B70

Enes Curić¹, Dragoljub Drenić², Todor Vacev³

Rezime: U radu je prikazan uticaj krutosti podloge na vrednosti presečnih sila (dijagram momenata) i vertikalnih pomeranja preseka konstrukcije prednapregnutog železničkog praga. U statičkom proračunu, konstrukcija prednapregnutog železničkog betonskog praga predstavljena je gredom na elastičnoj podlozi. Statička analiza konstrukcije železničkog praga je izvršena primenom metode konačnih elemenata (MKE) i odgovarajućeg softvera. Konstrukcija praga je modelirana konačnim elementima grede, a podloga simulirana nizom vertikalnih fiktivnih prostih štapova, čiji poprečni presek odgovara projektovanoj krutosti podloge. Proračun je izvršen za različite krutosti podloge, uz uzimanje u obzir svih gubitaka sile prednapreznja. Konstrukcija i opterećenje su simetrični, tako da je MKE analiza obavljena za poprečnu polovinu praga. MKE analizom su dobijene vrednosti presečnih sila, vertikalnih deformacija i rotacija preseka za prag u normalnom položaju i podbijeni prag i to za različite krutosti podloge. Ovi rezultati su dati na uporednom grafiku što je omogućilo konačan zaključak o uticaju krutosti podloge na ove vrednosti.

Ključne reči: prag, B70, Prednapregnut, Železnica, Krutost podloge.

EFFECT OF SURFACE STIFFNESS ON DISTRIBUTION OF STRESS STATE OF A PRESTRESSED CONCRETE RAILWAY SLEEPER B70 TYPE

Abstract: This paper presents the influence of substrate stiffness on the value of the intersection force and vertical displacement of the section of construction prestressed railroad sleeper. On the basis of static calculations, construction of railway prestressed concrete sleeper represents a beam on the elastic ground. Static analysis of the prestressed railroad sleeper was carried out using finite element method (FEM) and appropriate software. The sleeper construction was modeled by beam finite elements, and the basis by a series fictitious vertical rods whose cross section corresponds to the designed surface stiffness. The calculation was performed for different stiffness of the baseis from $c_1=50 \times 10^6 \text{ N/m}^3$ to $c_s=400 \times 10^6 \text{ N/m}^3$, taking into account all losses in the force of prestressing. The structure and the load are symmetrical, so that the FEM analysis was performed for the transversal half of the sleeper. FEM analysis prduced the values of intersection forces, vertical deformation and rotation of the intersection of the sleeper in normal position and other positions for for different surface stiffness. These results are displayed in the comparative graph, which allowed a final conclusion on the impact of substrate stiffness on these values.

Keywords: Railroad sleeper, B70, Prestressed, Rail, Surface stifness.

¹ Enes Curić, dipl. inž. građ. - PhD student GAF Niš, enescuric@live.com

² Dragoljub Drenić, Dr ,dipl. inž. građ. , Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, ddrenic@gaf.ni.ac.rs

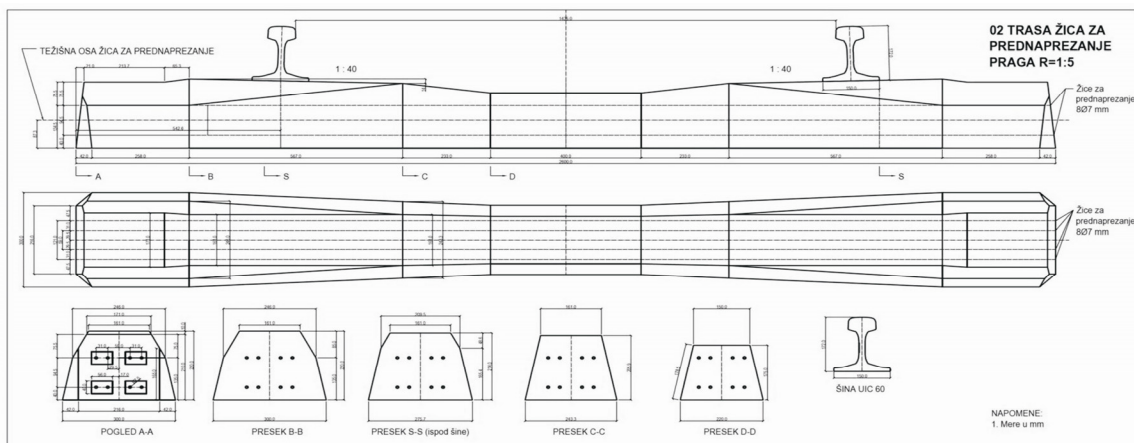
³ Todor Vacev, Dr , istraživač, dipl. inž. građ., MIN INSTITUT, Niš

1. UVOD

U glavnom projektu^[4] prednapregnutog betonskog praga za brze pruge, usvojen je tip, oblik, tehnološke i eksploatacione karakteristike i izrađena je statička analiza prednapregnutog betonskog železničkog praga – tip B70, kako je to zahtevao Naručilac i krajnji korisnik- „Železnice Srbije“.

Osnovni zahtevi Naručioca su izneseni kroz zadate karakteristike prednapregnutog praga^[3] (dužina praga 2600 mm, širina donje naležne površine je promenljiva-max. 300 mm, visina preseka na mestu naleganja šine 200 mm, brzina max. 250 km/h, ...).

U postupku statičke analize^[5], konstrukcija prednapregnutog železničkog betonskog praga je posmatrana kao greda na elastičnoj podlozi koja se rešava metodom Winklera prema kome su naponi u tlu proporcionalni sleganju (model opruga). Karakteristično za ovu metodu je to što ne uzima u obzir promenu krutosti tla ni po dubini ni po dužini grede.



Sl.1. Trasa žica za prednaprezanje praga

2.2. Proračun geometrije praga i fiktivnih štapova

Geometrija praga određena je tehnologijom proizvodnog procesa^[2] i eksploatacionim zahtevima Naručioca. Na osnovu ovih uslova izrađeni su detaljni crteži praga^[3] (Sl.1.) koji predstavljaju osnovu za izradu računskog modela.

2.3. Analiza opterećenja i proračun krajnje sile prednaprezanja

Analiza opterećenja je izvršena uz uzimanje u obzir tri slučaja opterećenja i to za:

- fazu početnog prednaprezanja,
- fazu trajnog prednaprezanja, i
- fazu eksploatacije.

Prednaprezanje praga je izvršeno tokom proizvodnog procesa^[1] u kome se 7 dana posle betoniranja i dostizanja 70% od projektovane čvrstoće betona, žice za prednaprezanje otpuštaju^[2].

2. STATIČKA ANALIZA KONSTRUKCIJE ŽELEZNIČKOG PRAGA

2.1. Opšti koncept analize

Statička analiza konstrukcije prednapregnutog železničkog betonskog praga je obavljena primenom metode konačnih elemenata (MKE) i odgovarajućeg softvera.

Statički sistem konstrukcije je greda na elastičnoj podlozi. Konstrukcija praga je modelirana konačnim elementima grede, a podloga simulirana nizom vertikalnih fiktivnih prostih štapova, čiji poprečni presek odgovara projektovanoj krutosti podloge. Konstrukcija i opterećenje su simetrični, tako da je MKE analiza obavljena za poprečnu polovinu praga.

Krajnja sila prednaprezanja je dobijena proračunom početne sile prednaprezanja i gubitka u ovoj sili usled skupljanja, tečenja i trenutne deformacije betona, kao i zbog relaksacije čelika za prednaprezanje.

Posle računске kontrole napona u karakterističnim presecima za fazu ispitivanja pragova, izvršen je proračun korišćenjem MKE modela.

2.4. Parametarska MKE analiza

MKE analizom su dobijene vrednosti presečnih sila (moment savijanja, transferzalne i normalne sile), vrednosti vertikalnih deformacija i rotacija preseka za prag u normalnom položaju i za prag sa podbijanjem i to za različite krutosti podloge (od $c_1=50 \times 10^6 \text{ n/m}^3$

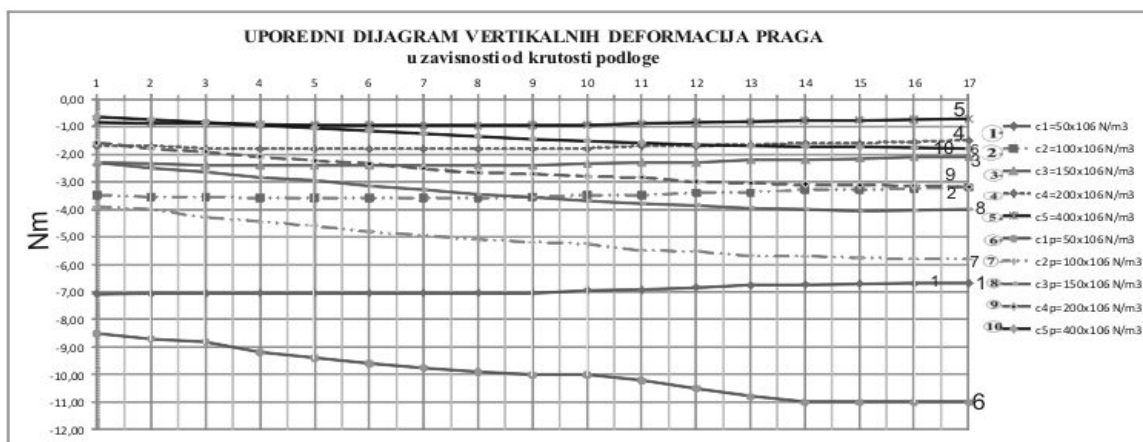
do $c_5=400 \times 10^6 \text{ n/m}^3$). Ovi rezultati su dati na uporednim graficima momenata savijanja i vertikalnih deformacija, što omogućava donošenje konačnog zaključka o uticaju krutosti podloge na ove vrednosti.

Posle podbivanja praga na 1/3 raspona, pri istim krutostima podloge, dobijaju se veći uticaji i to posebno izraženo povećanje maksimalnog momenta u preseku ispod šine kao i veće sleganje odnosno

vertikalno pomeranje u sredini šine. Posle podbivanja, moment u sredini praga se povećava a u ostalim delovima praga gde je bio negativan, prelazi u pozitivnu vrednost, pri čemu se prag dovodi u stanje kada nema nultog momenta, odnosno nema prelaska naponskog stanja iz zatezanja u pritisak. Vertikalno pomeranje na krajevima praga i posle podbivanja ostaje približno isto, dok se u sredini raspona praga vertikalne deformacije znatno povećavaju.



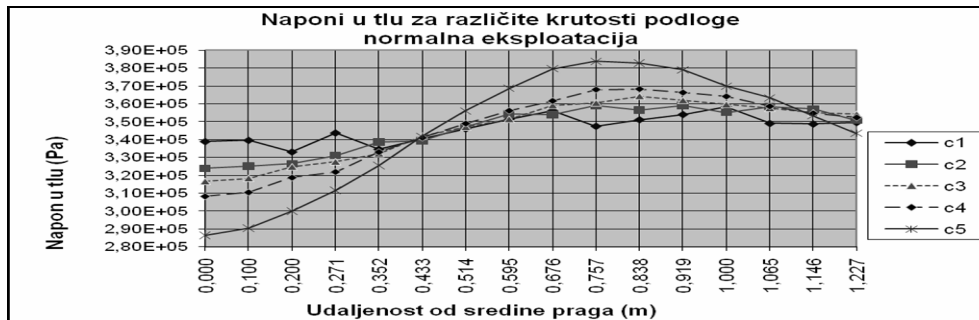
Sl.2. Uporedni prikaz momenata savijanja u pragu, pre i posle podbivanja, dobijenih MKE analizom za krutosti podloge od $c_1=50 \times 10^6 \text{ N/m}^3$ do $c_5=400 \times 10^6 \text{ N/m}^3$



Sl.3. Uporedni prikaz vertikalnih deformacija praga, pre i posle podbivanja,

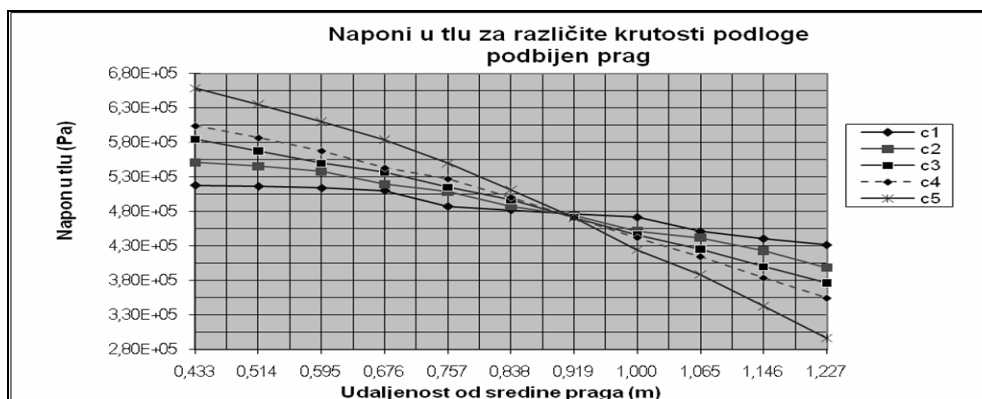
2.5. Kontrola napona u tlu

Proračunom napona u tlu pri normalnoj eksploataciji, uzimajući u obzir različite krutosti tla, dobijeni su dijagrami napona u tlu:



Sl. 4. Dijagrami napona u tlu-normalna eksploatacija, karakteristični presek - ispod šine: $x=0.757$ m.
Ekstremna vrednost: $\sigma = 0.384$ MPa (za c5, $x = 0.757$ m, ispod šine).

Proračunom napona u tlu posle podbivanja praga na L/3 raspona, uzimajući u obzir različite krutosti tla, dobijeni su dijagrami napona u tlu:



Sl. 5. Dijagrami napona u tlu - podbijen prag , karakteristični presek - granica podbivanja: $x = 0.433$ m.
Ekstremna vrednost: $\sigma = 0.658$ MPa (za c5, $x = 0.433$ m).

3. ZAKLJUČAK

Posle detaljne analize grafikona na kojima se pokazuje uticaj krutosti podloge (posteljice) na distribuciju naponskog stanja kod pragova za brze pruge, jasno se pokazuje da je krutost posteljice važna zbog smanjenja razlike između minimalnog i maksimalnog momenta u pragu. Pokazano je da se uz podbivanje 1/3 raspona praga i sa povećanjem krutosti podloge može znatno uticati na smanjenje napona zatezanja koji se javlja u pragu.

POPIS LITERATURE:

- [1] Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za prednapregnuti beton (SL SFRJ 51/71);
- [2] ZJŽ-334 Uputstvo o proizvodnji, kontroli i prijemu prednapregnutih betonskih pragova na mreži pruga JŽ (01.03.05.);
- [3] PUTEVINVEST Užice, Tehnički crteži železničkih pragova, 2009.
- [4] GRADJEVINSKO ARHITEKTONSKI FAKULTET U NIŠU, Glavni projekat prednapregnutog praga za brze pruge tipa B70, 2010.
- [5] Curić E, Drenić D., Vacev T., Prikaz proračuna prednapregnutog betonskog železničkog praga-tip B70, Zbornik radova sa simpozijuma studenata doktorskih studija „PhIDAC2010“, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [6] Drenić D., Curić E., Prikaz Prikaz ispitivanja prednapregnutog betonskog železničkog praga, Međunarodni naučno-stručni skup „ISTRAŽIVANJA, PROJEKTI I REALIZACIJE U GRADITELJSTVU, Institut IMS, Beograd, 2010.

Podbivanje se vrši zbog zahteva da se u konstrukciji železničkog praga izazove naponsko stanje zatezanja koje će primiti čelik za prednaprezanje, a da se izbegne pritisak u središnjem delu praga.

Što se tiče vertikalnih deformacija, jasno je pokazano da se one smanjuju sa povećanjem krutosti posteljice (podloge) a da se posle podbivanja te deformacije povećavaju na nepodbijenom delu praga. Razlika u vertikalnim deformacijama praga u toku normalne eksploatacije i posle podbivanja je sve manja sa povećanjem krutosti posteljice.