

Nadstrešnica zgrade železničke stanice u Novom Sadu – stručne i proceduralne činjenice od tragedije do danas

Dana 1. novembra 2024. godine u 11.52 sata po lokalnom vremenu desio se konstrukcijski kolaps nadstrešnice iznad glavnog ulaza u zgradu železničke stanice u Novom Sadu. Urušavanjem nadstrešnice usmrćeno je šesnaest osoba. Maksimalna zabeležena temperatura vazduha za ovaj dan iznosila je 20,5°C, minimalna 6,8°C, vetar je bio slab i promenljiv, nije bilo padavina¹.

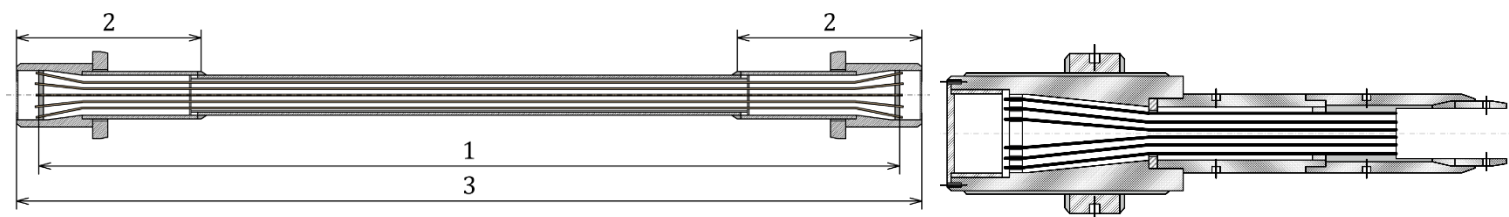
Nadstrešnica je bila izvedena u formi pravougaone ploče, dužine 48,38 m, širine 7,05 m i debljine 0,45 m. Ploča nadstrešnice, formirana od ortogonalno pozicioniranih armiranobetonskih nosača, „tačkasto” je bila oslonjena na glavnu konstrukciju objekta stanične zgrade u dve nominalno paralelne podužne ravni: direktno na masivne armiranobetonske stubove u frontalnoj fasadi i indirektno, posredstvom 18 konstrukcijski identičnih zategnutih komponenata (zatega), obešena o prepust „testeraste” krovne ploče objekta. Sve zatege bile su pozicionirane u istoj vertikalnoj ravni, na udaljenosti od 2,25 m od ivice prepusta nadstrešnice; 16 unutrašnjih zatega bilo je zakošeno pod uglom od oko 70° u odnosu na horizontalnu ravan, dok su krajnje zatege imale vertikalni položaj u prostoru. Orijeontaciona dužina kosih zatega iznosila je 8,65 m. Ploča nadstrešnice bila je pozicionirana na visini od 4,50 m iznad terena i 8,10 m ispod donje ivice krovne ploče. Procenjena težina nadstrešnice je oko 190 t.

Konstrukcijski kolaps nadstrešnice bio je globalan, praćen naglim i skoro istovremenim kidanjem žica svih zatega na mestima njihovih veza sa testerastom krovnom pločom objekta, kao i uzročno-posledičnom destrukcijom veza poprečnih greda nadstrešnice sa glavnim stubovima objekta. Životni (eksploatacioni) vek nadstrešnice iznosio je 60 godina.

1. Geometrijske i materijalne karakteristike

Standard SRPS EN1993-1-11² definiše pravila za projektovanje zategnutih čeličnih komponenata (*tension components*) koje se upotrebljavaju u inženjersko-građevinskim objektima – zgradarstvu (npr. viseće krovne konstrukcije) i mostogradnji (npr. viseći mostovi). Prema ovom standardu, zategnute komponente su, po pravilu, podesivi i zamenljivi prefabrikovani proizvodi koji se isporučuju na gradilište i ugrađuju u konstrukciju. Zategnute komponente su klasifikovane u tri grupe, od kojih grupi C pripadaju (pored ostalih) i PWS sistemi (*PWS – parallel wire system*), formirani od snopa paralelnih prednapregnutih³ žica kružnog preseka (zategnuti elementi) koji na oba kraja imaju specijalno oblikovane anker-elemente (*terminations*), što je prikazano na slici 1a. Posredstvom anker-elemenata ostvaruje se veza zategnute komponente sa konstrukcijom i obezbeđuje prenos sila zatezanja iz prednapregnutih žica u konstrukciju ili druge aksijalno povezane zategnute elemente.

Standard takođe definiše proizvodne zahteve za zategnute komponente koji se odnose na mehaničke karakteristike materijala (koje dominantno određuju njihove konstrukcijske performanse) i trajnost, odnosno otpornost na dejstvo korozije. Čelična žica (kao primarni PWS zategnuti element) predstavlja proizvod koji se dobija postupkom hladnog vučenja (u ambijentalnim temperaturnim uslovima) žičane šipke čije je metalurško stanje prikladno za hladnu obradu. Sukcesivnim provlačenjem šipke pod visokim pritiskom kroz matrice kalupa kružnog preseka različitih prečnika njen prečnik se postepeno i progresivno smanjuje na željenu veličinu, dok materijal trpi znatne plastične deformacije. Kao rezultat, povećava se čvrstoća čeličnog materijala na zatezanje⁴, ali se, s druge strane, smanjuje duktilnost⁵. Kako nisko duktilne materijale u specifičnim uslovima sredine i pod opterećenjem može karakterisati iznenađan – krt lom, od posebne je važnosti da se pri proizvodnji čelične žice postigne optimalan balans čvrstoća–duktilnost. U poređenju sa konstrukcionim čelicima i čelicima za armiranje betona, čelične žice za prednaprezanje su 3–5 puta manje duktilne. Prema standardu prSRPS EN 10138-2⁶, čelične žice za prednaprezanje sa oznakom Y1670C i prečnikom 6,9 – 8,0 mm imaju nominalnu čvrstoću pri zatezanju 1670 N/mm², modul elastičnosti⁷ 205000 N/mm², dok minimalna zahtevana vrednost dilatacije koja odgovara čvrstoći pri zatezanju⁸ iznosi 3,5%. Dodatno se zahteva da u standardnim testovima pri zatezanju redukcija površine poprečnog preseka bude praćena duktilnim lomom koji je vidljiv golim okom (*ductile break visible to the unaided eye*).



- 1 – zategnuti element (snop prednapregnutih žica)
- 2 – anker-element
- 3 – zategnuta komponenta

(a) sklop sistema paralelnih žica

(b) završetak snopa paralelnih žica u anker-elementu

Slika 1. Sistem paralelnih žica²

¹ Operativni bilten 1. 11. 2024, Republički hidrometeorološki zavod Srbije.

² SRPS EN 1993-1-11: Evrokod 3 – Projektovanje čeličnih konstrukcija – Deo 1-11: Projektovanje konstrukcija sa zategnutim komponentama, CEN, Brisel.

³ Prednaprezanje je proces početnog zatezanja zategnute komponente primenom kontrolisane deformacije ili kontrolisane sile.

⁴ Maksimalna vrednost napona u čeličnom materijalu pre loma, utvrđena standardnim testom pri zatezanju.

⁵ Sposobnost čeličnog materijala da pretrpi znatne plastične deformacije pre loma – izduženje pri lomu utvrđeno standardnim testom pri zatezanju.

⁶ prSRPS EN 10138-2: Čelici za prednaprezanje – Deo 1: Žica, CEN, Brisel.

⁷ Kvantitativna mera krutosti materijala, predstavlja odnos napona i odgovarajuće dilatacije u elastičnom opsegu naprezanja.

⁸ Izduženje čeličnog materijala koje odgovara čvrstoći pri zatezanju, utvrđeno standardnim testom pri zatezanju.

2. Korozija

Trajnost, tj. životni vek zategnute komponente zavisi od primenjenog sistema za zaštitu od korozije i pravilnosti projektovanja, izvođenja i održavanja. Prema standardu SRPS EN1993-1-11², PWS zategnuti elementi (snop prednapregnutih žica) treba da imaju sistem zaštite od korozije sa dvostrukom barijerom. Sistem se sastoji od tri sloja: (i) unutrašnju barijeru čini sloj premaza nanesen na površinu svake pojedinačne žice (na primer premaz od cinka ili legure cinka); (ii) interfejs čini hidrofobna meka injekciona masa (vosak ili mast) koja popunjava prostor između obloženih žica i spoljašnjeg zaštitnog omotača; injekciono punjenje treba da bude u stanju da u potpunosti ispuni prostor između pojedinačnih žica i omotača snopa žica, spreči kondenzaciju vode u šupljinama koje su u kontaktu sa žicama i migraciju vode duž površine žica (u slučaju prodora vode); (iii) spoljašnju barijeru čini omotač zategnutog elementa koji obuhvata ceo snop žica, formira nepropusnu kapsulu za žice i obezbeđuje njihovu mehaničku zaštitu tokom rukovanja i ugradnje komponente; spoljašnja barijera treba da bude cev od polietilena velike gustine (*high-density polyethylene pipe HDPE*). Dodatno, anker-elementi treba da budu zaštićeni od korozije odgovarajućim metalnim i/ili organskim premazima; šupljine unutar anker-elemenata treba da budu popunjene hidrofobnim mekim punjenjem kada je to potrebno. Spoljašnja barijera zategnutih elemenata unutar anker-elemenata uklanja se u cilju pravilnog ankerisanja pojedinačnih zategnutih elemenata (žica); u ovim zonama treba obezbediti posebnu (alternativnu) spoljnu barijeru (slika 1b). Sve komponente sistema za zaštitu od korozije treba da budu međusobno kompatibilne. Posebnu pažnju neophodno je posvetiti zaštiti od korozije delova koji nisu lako dostupni za pregled i održavanje. Izbor sistema zaštite od korozije vrši se na osnovu: (i) projektovanog eksploatacionog perioda prema SRPS EN 1990⁹; (ii) stepena agresivnosti sredine (uticaj korozije se kvantifikuje kroz klase izloženosti) prema SRPS EN ISO 12944-2¹⁰; (iii) dostupnosti elementa za pregled i učestalosti intervala održavanja; (iv) tipa zategnutog elementa ili anker-elementa.

Detaljnost navedenih pravila u SRPS EN1993-1-11 govori o izraženoj osetljivosti zategnutih čeličnih komponenta na dejstvo korozije i efekte koji su sa korozijom povezani.

Korozija je složen, vremenski zavisani elektrohemijski proces u kojem dolazi do postepene razgradnje metala pod dejstvom elektrolita iz okolne sredine. Korozija čeličnih žica javlja se u dva oblika: tačkasta korozija (*pitting corrosion*) i uniformna korozija (*uniform corrosion*). Tačkastu koroziju karakteriše formiranje korozivnih jama (*corrosion pits*), tj. lokalizovana i po dubini poprečnog preseka razgradnja čeličnog materijala sa lokalnom koncentracijom napona i pojavom prslina. Zbog nestabilnosti parametara okoline i heterogenosti čeličnog materijala i/ili zaštitne (cinkovane) prevlake, korozivne jame imaju nasumičan raspored na površini žice. Uniformna korozija javlja se na većoj lokalizovanoj površini žice, delimično ili po celom njenom obimu, dovodeći do smanjenja aktivne površine poprečnog preseka žice. Korozija čelične žice često je indukcionim parametar u mehanizmima loma koji nastaju usled primarnih aksijalnih naprežanja statičkog karaktera i/ili zaostalih napona – naponska korozija (*stress corrosion*), odnosno naprežanja cikličnog karaktera – zamor-korozija (*fatigue-corrosion*)^{11,12}.

Visoke mehaničke karakteristike materijala u kombinaciji sa prisustvom zaostalih napona^{13,14} (tj. neuniformnih plastičnih dilatacija nastalih u procesu proizvodnje) čine da čelične žice za prednaprežanje imaju izraženu osetljivost na mehanizam loma, poznat pod imenom vodonična krtost^{15,16,17} (*hydrogen embrittlement*). Usled promena u mikrostrukturi materijala tokom procesa hladne obrade, dolazi do apsorpcije i sakupljanja vodonika u šupljinama i na mestima dislokacije zrna, sa tendencijom povećanja brzine širenja mikroprrslina, pojave prslina usled vodoničnog naprežanja (*hydrogen-stress cracking*) i redukcije duktilnosti materijala, posebno u uslovima naponske i zamor-korozije^{18,19}.

Važno je naglasiti da trajnost konstrukcijskog elementa pod uticajem korozije zavisi i od debljine zida (ili prečnika) njegovog poprečnog preseka; za iste uticajne parametre, propagacija korozijom indukovanih prslina brža je u slučaju čeličnih žica ili tankozidnih elemenata u poređenju sa konvencionalnim čeličnim konstrukcijskim elementima (koji se u opštem slučaju karakterišu dimenzionalno većim poprečnim preseccima).

Nastanak i brzina korozije u atmosferi zavise od sledećih faktora: (i) relativne vlažnosti vazduha RH (korozija se ubrzava za RH veću od 60%, kada se na površini metala formira neprekidni sloj vlage); (ii) temperature (visoke temperature povećavaju brzinu korozije, dok temperaturne fluktuacije doprinose kondenzaciji i zadržavanju vlage; s druge strane, ekstremno visoke temperature u otvorenoj sredini mogu smanjiti kondenzaciju vlage i usporiti koroziju); (iii) prisustva zagađivača u vazduhu (sumpor-dioksid, oksidi azota iz industrijskih emisija progresivno povećavaju koroziju); (iv) prisustva hlorida (uticaj mora; zbog čestica soli u vazduhu brzina korozije je znatno veća u priobalnim okruženjima); (v) pH vrednosti deponovane vlage (kisele padavine, uzrokovane rastvaranjem sumpor-dioksida i ugljen-dioksida u kišnici, snižavaju pH vrednost i povećavaju koroziju); (vi) vremena izlaganja vlažnim uslovima; (vii) hemijskog sastava čeličnog materijala (prisustvo legura); (viii) prisustva čvrstih materija (prašina, industrijske čestice ili drugi specifični materijali u kontaktu sa metalom mogu da zarobe vlagu i zagađivače i stvore lokalizovano

⁹ SRPS EN 1990: Evrokod – Osnove projektovanja konstrukcija, CEN, Brisel.

¹⁰ SRPS EN ISO 12944-2: Boje i lakovi – Zaštita od korozije čeličnih konstrukcija zaštitnim sistemima boja – Deo 2: Klasifikacija sredina, CEN, Brisel.

¹¹ Zamor materijala je mehanizam praćen inicijalizacijom i propagacijom mikroskopskih prslina u makroprrslina usled cikličnih naponskih promena u materijalu; pojava makroprrslina prouzrokuje zamor-oštećenje i lom materijala.

¹² Staehle R.W., Stress corrosion cracking (and corrosion fatigue), *Materials Science and Engineering* (1976), 25, 207–215.

¹³ Dmitriy D., Analysis of residual stress in circular cross-section wires after drawing process, *Procedia Manufacturing* (2019), 37, 335-340.

¹⁴ Smallwood R., Waterhouse R.B., Residual Stress Patterns in Cold Drawn Steel Wires and Their Effect on Fretting-Corrosion-Fatigue Behaviour in Seawater, *Applied Stress Analysis*, Springer (1990), 82-90.

¹⁵ <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/hydrogen-embrittlement>.

¹⁶ Toribio J., Lorenzo M., Vergara D., Hydrogen embrittlement susceptibility of prestressing steel wires: the role of the cold-drawing conditions, *Procedia Structural Integrity* (2016), 2, 626–631.

¹⁷ Zhang Z., Wang L., Huang W., Min X., Luo G., Wang H., Zhou L., Xie Z., Fang F., Stress corrosion cracking mechanisms in bridge cable steels: Anodic dissolution or hydrogen embrittlement, *International Journal of Hydrogen Energy* (2025), 97, 46–56.

¹⁸ Betti R., West A. C., Vermaas G., Cao Y., Corrosion and embrittlement in high-strength wires of suspension bridge cables, *Journal of Bridge Engineering* (2005), 10(2), 151–162.

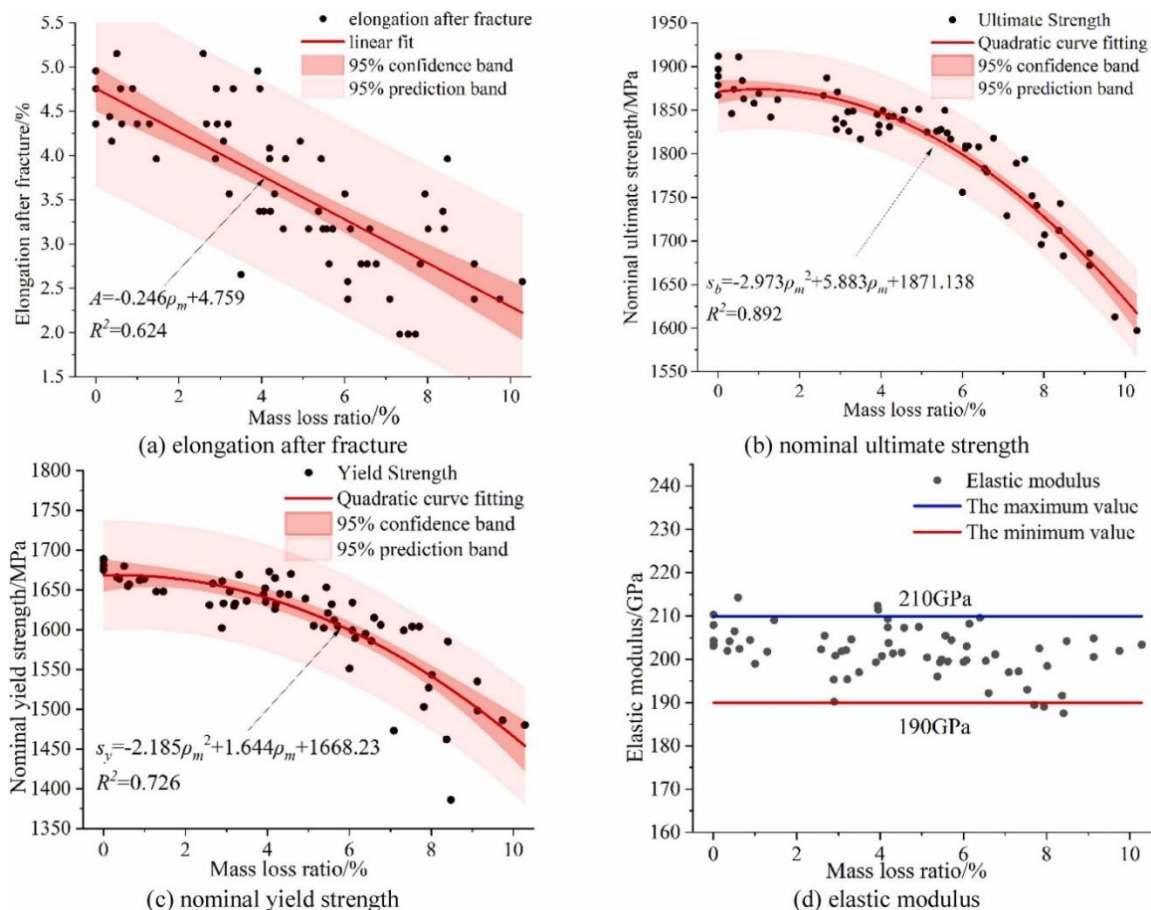
¹⁹ Zeling Z., Wang L., Huang W., Min X., Luo G., Wang H., Zhou L., Xie Z., Fang F., Stress corrosion cracking mechanisms in bridge cable steels: Anodic dissolution or hydrogen embrittlement, *International Journal of Hydrogen Energy* (2025), 97, 46–56.

korozivno mikrookruženje); (ix) dostupnosti kiseonika (kiseonik je neophodan za katodne reakcije u procesima korozije). Ovi faktori se menjaju tokom vremena i u opštem slučaju su različiti na različitim lokacijama.

Brojnost vremenski zavisnih faktora sredine i njihova realna interakcija sa materijalnim i strukturnim karakteristikama konstrukcijskog elementa uslođavaju razvoj proračunskih modela za procenu njegovog životnog ciklusa u uslovima korozije. U nedostatku univerzalnog matematičkog modela za kvantifikaciju brzine razvoja korozije, rešavanje problema svodi se na obavezna laboratorijska ispitivanja i simulacije realnih faktora sredine.

Disperzija podataka koji se odnose na brzinu razvoja korozije čelične žice pod uticajem faktora sredine potvrđena je u naučnoj studiji²⁰ u kojoj su simulirani različiti ali realni slučajevi sredine unutar prednapregnutih kablova visećih mostova. Testovi veštačke korozije u kojima su varirani relativna vlažnost, temperatura i prisustvo natrijum-hlorida sprovedeni su na uzorcima pocinkovane čelične žice prečnika 5 mm, u uslovima bez opterećenja. Na osnovu rezultata ispitivanja, urađena je procena indeksa životnog ciklusa žice u uslovima bez prisustva natrijum-hlorida i pri temperaturi od 40°C; pokazano je da do gubitka zaštitnog sloja cinka dolazi u periodu od 1,7 godina za žice čije su bočne površine bile konstantno vlažne, 6,9 godina za žice čiji je donji kraj bio uronjen u vodu, 34 godine za žice u uslovima relativne vlažnosti vazduha od 100% i 211 godina za žice u uslovima relativne vlažnosti vazduha ispod 60%. Takođe je pokazano da brzina korozije raste s povećanjem sadržaja natrijum-hlorida i/ili s povećanjem temperature.

Da bi se uspostavili kvantitativni indeksi koji povezuju materijalne karakteristike čelične žice sa različitim nivoima korozije, u naučnoj studiji²¹ sprovedeni su standardizovani ubrzani testovi veštačke atmosfere korozije u slanom spreju bakra i sirćetne kiseline²². Ispitivanju su, tokom različitih i sukcesivno povezanih vremenskih perioda, podvrgnute pocinkovane čelične žice prečnika 7 mm, sa nominalnom čvrstoćom pri zatezanju od 1860 N/mm² i modulom elastičnosti od 200000 N/mm². Laserskim skeniranjem korodiranih uzoraka izrađeni su njihovi rekonstruisani modeli (blizanci), koji su se, primenom tehnike prepoznavanja digitalnih slika, koristili za utvrđivanje geometrijskih parametara korozivnih jama tačkaste korozije. Ispitivanjem korodiranih uzoraka na statičko zatezanje utvrđeno je da je veza između parametra gubitka mase žice (odnos gubitka mase i ukupne mase korodiranog uzorka) i redukcije duktilnosti linearna, dok čvrstoća pri zatezanju opada po kvadratnoj funkciji u odnosu na gubitak mase žice (slika 2). Vrednosti modula elastičnosti korodiranih uzoraka neznatno variraju u odnosu na nominalnu vrednost polaznog čeličnog materijala, pa se može smatrati da se vrednost modula elastičnosti ne menja tokom korozije.



Slika 2. Veze između mehaničkih karakteristika i parametara gubitka mase, i odgovarajuće krive poklapanja²³

²⁰ Suzumura K., Nakamura S., Environmental Factors Affecting Corrosion of Galvanized Steel Wires, Journal of Materials in Civil Engineering (2004), 16 (1), 1–7.

²¹ Yan K., Liu G., Li Q., Jiang C., Ren T., Li Z., Xie L., Wang L., Corrosion characteristics and evaluation of galvanized high-strength steel wire for bridge cables based on 3D laser scanning and image recognition, Construction and Building Materials (2024), 422, 135845.

²² Korelacija između sati u testu veštačke korozije u slanom spreju bakra i sirćetne kiseline (CASS – Copper-Accelerated Acetic Acid Salt Spray test) i broja sati razvoja korozije u realnim uslovima zavisi od nivoa vlažnosti i stepena agresivnosti sredine, temperaturnih fluktuacija, mehaničkih karakteristika materijala, prirode i učestalosti spoljašnjih dejstava, karakteristika inherentne otpornosti materijala na koroziju i sistema zaštite. Empirijske studije sugerišu grubu procenu da 24 sata u CASS testu odgovara broju od nekoliko godina do nekoliko meseci u urbanom ili industrijskom okruženju. Zbog postojanja većih varijacija, sugeriše se precizna konverzija, bazirana na testovima za uslove odgovarajućeg (specifičnog) slučaja, koji uzimaju u obzir i moguće uticaje interakcije korozije i oštećenja usled statičkih ili cikličnih dejstava.

²³ Reprinted from Construction and Building Materials, Volume 422 /edition number 5, Kun Yan, Guodong Liu, Qi Li, Chaoyue Jiang, Tianchi Ren, Zhe Li, Lin Xie,

Primenom funkcijskih zavisnosti, koje su definisane prediktivnim krivama poklapanja na slici 2, dobije se da je za parametar gubitka mase žice od 10% (može se smatrati da je pri tome prosečan gubitak površine poprečnog preseka žice 10%) redukcija granice razvlačenja 12,5%, redukcija čvrstoće pri zatezanju 13%, dok je redukcija duktilnosti čak 51%.

Zategnute komponente u konstrukciji su tokom svog eksploatacionog perioda izložene dinamičkim cikličnim dejstvima spoljašnje sredine koja u kritičnim detaljima konstrukcije mogu prouzrokovati zamor materijala. U kombinaciji sa korozijom, efekti zamora dovode do kumulativnih i progresivnih oštećenja. U naučnoj studiji²⁴ je eksperimentalnim putem, primenom testova veštačke korozije i testova na zamor, analiziran oblik loma i zamor životni vek čeličnih žica nominalnog prečnika 5 mm, sa čvrstoćom pri zatezanju od 1860 N/mm². Metodom mikroskopskog skeniranja utvrđene su i praćene inicijalizacija i propagacija zamor-prslina pri različitim nivoima korozije, i kvantifikovana je akumulacija oštećenja. Pokazano je da se zamor-životni vek čeličnih žica redukuje za čak 32,67%, 48% i 67,84% pri nivoima korozije od 5%, 10% i 20%, respektivno.

Složeni mehanizmi degradacije materijala nastali interakcijom korozije i naponsko-deformacijskog stanja u zategnutoj komponenti predstavljaju ozbiljan rizik po operativnu bezbednost konstrukcije i pojavu iznenadnog krto g loma, čije posledice mogu biti katastrofalne (Xiaonanmen most u Kini, 2001; Ponte Morandi most u Italiji, 2018; Nanfang'ao most u Tajvanu, 2019).

3. Mehanička dejstva i dejstva sredine

Osim dejstava gravitacionog karaktera, koja u zategnutim komponentama uzrokuju primarne aksijalne napone zatezanja, pri projektovanju i verifikaciji kriterijuma graničnih stanja, u skladu sa SRPS EN1993-1-11, treba da budu analizirani sledeći slučajevi:

- dejstva vetra treba da obuhvate: (i) statički karakter opterećenja vetrom na zategnute komponente, uključujući deformacije i uticaje savijanja u blizini krajeva zategnute komponente, (ii) aerodinamičke i druge pobude koje mogu izazvati oscilacije zategnutih komponentata;
- termička dejstva treba da obuhvate temperaturne promene i efekte diferencijalnih temperatura između zategnutih komponentata i konstrukcije;
- da bi se sprečilo moguće rasterećenje zategnutih komponentata (odnosno pojava negativnih napona, koji mogu prouzrokovati nestabilnost, zamor ili oštećenja konstrukcijskih ili nekonstrukcijskih komponentata), zategnute komponente se izlažu inicijalnom prednapreznju primenom kontrolisane deformacije ili primenom kontrolisane sile; tokom eksploatacionog perioda vrši se kontrola sile prednapreznja u zategnutoj komponenti;
- zamena zategnute komponente treba da bude uzeta u obzir kao prolazna proračunska situacija; za konstrukcije pod dejstvom zamora ili za konstrukcije čiji je pretpostavljeni servisni vek veći od životnog veka zategnute komponente, preporučuje se da se zamena zategnute komponente razmatra kao slučaj opterećenja;
- iznenadni gubitak zategnute komponente treba da bude razmatran kao incidentna proračunska situacija;
- dinamički uticaji u konstrukciji prouzrokovani iznenadnim gubitkom relevantnih (vitalnih) zategnutih komponentata treba da budu utvrđeni dinamičkom vremenskom analizom (*dynamic time history analysis*) ili merenjima.
- uticaji zamora u zategnutim komponentama primarno su posledica dinamičkih cikličnih dejstava i vibracija izazvanih vetrom; lom usled zamora obično se pojavljuje na mestima veza, odnosno diskontinuiteta zategnutih komponentata; preporučuje se da se efektivna kategorija detalja na tim mestima utvrdi ispitivanjima na realnoj konfiguraciji, koja uzima u obzir uticaje savijanja i/ili poprečnih napona koji se mogu javiti;
- vibracije izazvane vetrom (ili na neki drugi način) prouzrokuju promenljiva poprečna opterećenja i momente savijanja;
- rotacije krajeva zategnutih komponentata utiču na promenu opsega napona i prouzrokuju zamor-oštećenje u zoni veze zategnute komponente sa konstrukcijom;
- deformacije (ugib) zategnute komponente i rotacije njenih krajeva treba da budu ograničene da bi se obezbedila upotrebljivost konstrukcije;
- dodatni priključci na zategnutoj komponenti treba da budu oblikovani tako da obezbede efektivnost i upotrebljivost komponente tokom njene deformacije i rotacije na krajevima.

Zategnute komponente su bočno fleksibilni elementi sa niskom osnovnom frekvencijom oscilovanja, zbog čega su podložne vibracijama. Dinamička osetljivost zategnute komponente primarno zavisi od njene vitkosti, odnosno dužine i geometrijskih karakteristika poprečnog preseka. Vibracije zategnute komponente usled vetra mogu biti uzrokovane: udarima vetra (usled turbulencije strujanja vazduha), odvajanjem vrtloga, galopiranjem i interakcijom kiše i vetra. Sile izazvane efektima galopiranja i/ili interakcijom kiše i vetra mogu prouzrokovati aeroelastičnu nestabilnost zategnute komponente i vibracije velikih amplituda; kada ove vibracije ne mogu da se spreče ili ograniče odgovarajućim merama (na primer stabilizacionim zategnutim komponentama, prigušivačima ili aerodinamičkim oblikovanjem zategnute komponente), treba sprovesti eksperimentalne analize odgovora konstrukcije.

4. Studija slučaja

Studijom slučaja obuhvaćen je Projekat konstrukcije, rekonstrukcije i adaptacije stanične zgrade u Novom Sadu. Ovaj projekat predstavlja jednu od preko 1200 svezaka i elaborata tehničke dokumentacije koja je izrađena u svrhu Modernizacije, rekonstrukcije i izgradnje pruge Beograd-Subotica (državna granica Kelebija), deonica pruge Novi Sad – Subotica (državna granica Kelebija). Tehnička dokumentacija rađena je u periodu od 2017. do 2024. godine.

Lu Wang, "Corrosion characteristics and evaluation of galvanized high-strength steel wire for bridge cables based on 3D laser scanning and image recognition", 135845, Copyright (2024), with permission from Elsevier [License Number 6005871077216, License date Apr 11, 2025]

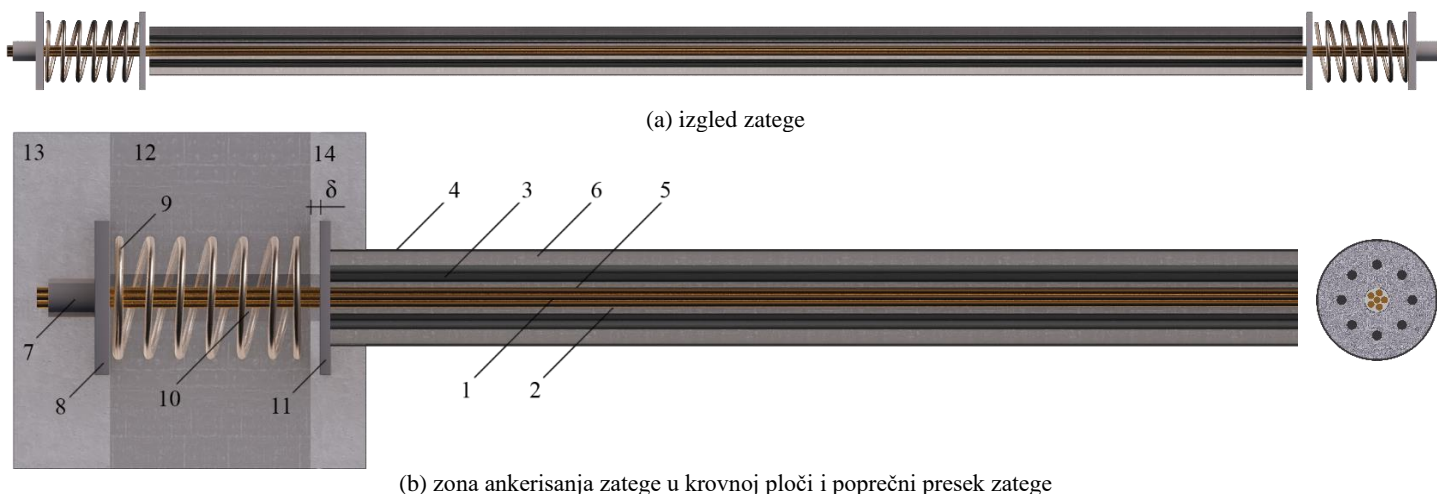
²⁴ Li R., Wang H., Miao C., Experimental and numerical study of the fatigue properties of stress-corroded steel wires for bridge cables, International Journal of Fatigue (2023), 177, 107939.

4.1 Preliminarna analiza

U ovom poglavlju data je analiza konstrukcijskih specifičnosti zategnutih komponenata (u daljem tekstu zatega) noseće konstrukcije nadstrešnice železničke stanice u Novom Sadu. Analiza se isključivo zasniva na javno dostupnim informacijama²⁵ i u tom kontekstu uključuje polazne hipoteze.

U skladu sa standardom SRPS EN 1993-1-11², prema konstrukcijskom rešenju, zatege nadstrešnice pripadaju grupi C. Zatega je kružnog poprečnog preseka (prečnika 150 mm*), koju čine (slika 3): (1) snop od šest paralelnih čeličnih žica nominalnog prečnika 7 mm, koji je smešten u unutrašnju rebrastu metalnu cev (2) i centralno pozicioniran u osi (jezgru) zatega; (3) osam armaturnih šipki (prečnika 12 mm*) koje su rotaciono simetrično pozicionirane oko jezgra zatega; (4) spoljašnja zaštitna čelična cev; (5) mešavina na bazi cementa, injektirana u unutrašnju rebrastu cev nakon prednaprezanja i ankerovanja čeličnih žica; zajedno sa unutrašnjom cevi, ova mešavina štiti snop čeličnih žica od korozije; (6) mešavina na bazi sitnozrnog betona kojom je ostvarena čvrsta veza između unutrašnjih elemenata zatega i spoljašnje čelične cevi (pretpostavlja se da je očvršćavanje betona, tj. formiranje „armiranobetonskog preseka” zatega prethodilo njenoj montaži). Uvođenjem armaturnih šipki i adekvatnim izborom poprečnog preseka povećana je fleksiona i dinamička krutost zatega na bočne uticaje.

Prethodno naprezanje čeličnih žica ostvareno je preko aktivne kotve na gornjoj površini testeraste armiranobetonske krovne ploče objekta. Kotva (7) je bila pozicionirana u uvali „krovnog preloma” – ovakvim rešenjem je u velikoj meri povećana opasnost od razvoja korozije usled akumulacije kišnice na krovu (iako je, prema projektu, testerasta krovna ploča izvedena u jednostranom nagibu, sa padom od ivice krovnog prepusta ka dilataciji u centralnom delu objekta). Unos sile prednaprezanja u konstrukciju krova ostvaren je posredstvom ploče za ukotvljavanje i klina, podložne ploče (8) i (pretpostavlja se) kratke spiralne armature (9) ispod podložne ploče. Čelične žice nisu prednapregnute u maksimalnom dopuštenom iznosu; vrednost sile prednaprezanja određena je iz uslova da se na mestu veze odgovarajućeg nosača nadstrešnice i glavnog stuba postigne nulta vrednost momenta savijanja²⁶ za stalne proračunske situacije. Snop čeličnih žica iz zatega trasiran je do kotve za prednaprezanje kroz kružni kanal u krovnoj ploči (10) neznatno većeg prečnika od prečnika snopa (prečnik kanala ili je nešto veći od prečnika unutrašnje zaštitne cevi ili mu odgovara). Zatega se u svom punom poprečnom preseku prostirala na dužini između čeličnih podložnih pločica (11), koje su ugrađene ispod donje površine armiranobetonske ploče krova i iznad gornje površine armiranobetonskog nosača nadstrešnice. Pretpostavlja se da su ove podložne pločice bile zavarene za krajeve zatega (spoljašnju čeličnu cev). Tehnologija građenja, testerasta forma krovne ploče i kos prostorni položaj zatega ograničili su njihov kontakt sa priključnom površinom armiranobetonske krovne ploče (odnosno čelične podložne ploče) i doveli do formiranja zazora²⁶ (δ), koji je mogao imati vrednost od 15 do 20 mm. Iako je gornji kraj svake zatega ispod krovne ploče bio ugrađen u sloj maltera, a elementi zatega inicijalno su zaštićeni od korozije injekcionom cementnom emulzijom, formirani zazor, njegova nedovoljna zaptivenost (odnosno postojanje vazdušnih slojeva u zoni zazora) i pozicija kotve u uvali krovnog preloma indukovali su uslove za postepenu degradaciju maltera i razvoj korozije na čeličnoj podložnoj pločici i snopu žica, primarno usled prodora kišne vode kroz krovni pokrivač i kanal, i njene akumulacije u zoni kanala i zazora, kao i godišnjih temperaturnih oscilacija. Povećana fleksibilnost veze, prouzrokovana raslojavanjem maltera, mogla je inicirati deformacije snopa žica na mestu nagle redukcije preseka zatega (u zoni zazora) usled vetrom izazvanih bočnih vibracija, dovesti do pojave lokalnih poprečnih napona promenljivog inteziteta, i posledično zamor-oštećenja. U opštem slučaju, ova pojava je progresivnija u uslovima gubitka sila prednaprezanja u čeličnim žicama.



1 – snop prednapregnutih čeličnih žica; 2 – unutrašnja rebrasta metalna cev; 3 – armaturne šipke; 4 – spoljašnja čelična cev; 5 – mešavina na bazi cementa injektirana u unutrašnju cev; 6 – mešavina na bazi sitnozrnog betona; 7 – kotva; 8 – čelična podložna ploča; 9 – spiralna armatura; 10 – kanal u armiranobetonskoj ploči; 11 – čelična podložna pločica; 12 – armiranobetonska krovna ploča; 13 – sloj za pad krovne ravni; 14 – malter; δ – zazor.

*pretpostavljena vrednost

Slika 3. Zategnuta komponenta (zatega) nadstrešnice

Donji kraj zatega bio je povezan sa nosačem nadstrešnice preko pasivne kotve, koja je konstrukcijski izvedena na isti način kao i gornja aktivna kotva. Kotve su na oba kraja svake zatega bile ugrađene u završne slojeve betona. Iako se ovakvo rešenje prepoznaje

²⁵ <https://novisad.vjt.rs/aktuelnosti/vazno/>; <https://www.srbija.gov.rs/dokument/843976/dokumenta-ministarstva-gradjevinarstva-saobraćaja-i-infrastrukture-koja-se-ticu-mogućeg-izvršenja-krivnog-dela-povodom-pada-nadstresnice-na-zeleznickoj-stanici-u-novom-sadu-1-novembra-2024-godine.php>; https://infrazs.rs/dokumenta_o_padu_nadstresnice/. Autori nisu imali pristup objektu železničke stanice u Novom Sadu i konstrukcijskim elementima nadstrešnice nakon njenog urušavanja. Autori nisu imali pristup eksperimentalnoj bazi podataka koja se odnosi na konstrukcijske elemente urušene nadstrešnice.

²⁶ НАЛАЗ И МИШЉЕЊЕ ВЕШТАКА, Факултет техничких наука у Новом Саду – Департаман за грађевинарство и геодезију, Број: 01-2907/1, 20. 11. 2024.

u prethodnoj građevinskoj praksi, ono je ograničilo vizuelnu identifikaciju pozicije kotve i nalagalo destruktivan, komplikovan i skup pristup za pregled i primenu korektivnih mera na elementima zatege u zoni njenog ankerisanja; važno je naglasiti da je primena korektivnih mera u ovakvim uslovima često ograničenog kvaliteta, pa i nemoguća u slučajevima progresivnog razvoja korozije.

Eksperimentalne i numeričke analize sprovedene neposredno nakon urušavanja nadstrešnice²⁶ su pokazale da je primarni razlog loma bila korozija čeličnih žica u zoni gornjih veza zatega sa testerastom krovnom pločom objekta. Nije poznato da li je lom zatega bio prouzrokovan i gubitkom uklinjavanja (izvlačenjem žica iz kotvi) ili probijanjem kotve kroz armiranobetonsku krovnu ploču. Imajući u vidu da inicijalizacija i razvoj degradacije materijala ne zavise samo od faktora sredine već i od naponsko-deformacionog stanja u materijalu, važno je utvrditi i kvantifikovati sve moguće interaktivne i uzročno-posledične parametre koji su, u većoj ili manjoj meri, inicirali i/ili ubrzali konstrukcijski kolaps nadstrešnice. U kontekstu navedenog, mogu se dati sledeći komentari:

1. Stanje čeličnih žica nakon kolapsa, uključujući njihov makroskopski i mikroskopski pregled (identifikacija prslina, korozivnih jama i procena nivoa redukcije poprečnog preseka), treba da bude detaljno analizirano i fotodokumentovano na dužini od kontakta zatege i donje površine krovne ploče do odgovarajuće gornje kotve, koja je primarno bila pod uticajem korozije; ovo je potrebno uraditi za svaku pojedinačnu žicu svake od 18 zatega, sa eksplicitnim referisanjem na odgovarajuću žicu, odnosno zategu.

2. Na osnovu dobijenih rezultata, utvrditi tačan broj žica koje su bile zahvaćene korozijom; kvantifikacija treba da bude sprovedena posebno za žice: (i) sa površinama loma na kojima se uočava proces korozije – „stari lom” i (ii) sa površinama loma na kojima se ne uočava proces korozije – „nov lom”. Potrebno je utvrditi tačan broj žica koje nisu bile zahvaćene korozijom (ako takve žice postoje).

3. Potrebno je utvrditi stanje čeličnih žica po celoj dužini zatega, imajući u vidu moguća oštećenja zaštitne cevi i pojavu vazdušnih šupljina u cementnom sloju duž žica tokom izgradnje, odnosno injektiranja cementne emulzije²⁷.

4. Eksperimentalnim putem utvrditi mehaničke karakteristike čeličnog materijala, na uzorcima korodiranih čeličnih žica (uzimajući u obzir različit nivo redukcije preseka različitih žica), i na uzorcima nekorodiranih čeličnih žica. Numeričke simulacije loma i predikcije odgovarajućeg naponsko-deformacionog stanja, uključujući i zamor-proračunske situacije, treba da budu zasnovane na realnim materijalnim karakteristikama konstrukcijskih elemenata, koje su u stanju loma imale neuniformnu raspodelu za iste elemente. Numeričke simulacije graničnog stanja konstrukcije nadstrešnice (lom čeličnih žica i uzročno-posledična destrukcija veza poprečnih greda nadstrešnice sa stubovima objekta) treba da budu validirane (verifikovane) ne samo u pogledu naponsko-deformacionog stanja već i oblika loma koji se realno desio.

5. Potrebno je kvantifikovati povećanje aksijalnih napona u čeličnim žicama usled opterećenja dodatog tokom sanacije nadstrešnice (novo opterećenje), imajući u vidu: (i) položaj novog opterećenja u odnosu na poziciju zatega, (ii) intezitet projektovanog (starog) opterećenja (koje primarno uključuje sopstvenu težinu armiranobetonske konstrukcije nadstrešnice) i (iii) vrednosti parcijalnih koeficijenta sigurnosti koje su uzete u projektovanim proračunskim situacijama.

6. Potrebno je proceniti i kvantifikovati za koroziju ključne faktore sredine kojima su čelične žice bile izložene: (i) tokom perioda eksploatacije, (ii) tokom perioda sanacije i rekonstrukcije objekta; ovo se posebno odnosi na sredinu u masi betonske krovne ploče, gde su žice primarno bile pod uticajem korozije.

7. Potrebno je utvrditi i kvantifikovati relativnu vlažnost, pH vrednost i hemijski sastav betona krovne ploče objekta (u zoni ankerovanja čeličnih žica) za faktore sredine koji odgovaraju (ekvivalentni su) onima u periodu urušavanja nadstrešnice. U dokumentu²⁶ je navedeno sledeće:

„Vizuelnim pregledom gornje površine krovne konstrukcije u zoni sidrenja zatega u osi 8 uočeno je zadržavanje vode u većem delu duž uvala krova. Preklap nove hidroizolacije urađen je na najnižoj koti krovne konstrukcije – u uvali.”

„Pre početka radova na vađenju ubetoniranih kotvi, voda zadržana u uvali krova u zoni kotvi je uklonjena. Nakon sečenja i skidanja gornjeg sloja hidroizolacije, primećeno je da je termoizolacija bila vlažna. Osim termoizolacije, vlažan je bio i sloj donjeg sloja bitumske hidroizolacije, kao i gornja površina betona.”

Gore dati navodi praćeni su fotografijama 2.26 i 2.31, na kojima se uočava akumulacija vode ne samo na površini krovnog pokrivača već i ispod sloja termoizolacije, kao i prisustvo vazdušnih slojeva ispod krovne membrane. Ovi navodi su važni ako se ima u vidu da su radovi na sanaciji, odnosno zameni krovnog pokrivača na objektu stanične zgrade vršeni tokom perioda: septembar 2022 – mart 2023. godine²⁸, koji je često bio praćen kišnim padavinama^{29,30}.

8. Potrebno je proveriti moguće i za konstrukciju incidentne događaje, uključujući i požarne situacije^{31,32}, koji su se potencijalno desili u periodu koji je prethodio urušavanju nadstrešnice.

9. Ukoliko je potrebno, vodonična krtost, odnosno sadržaj vodonika u korodiranim uzorcima čeličnih žica, može se utvrditi standardnim testovima u laboratoriji³³.

²⁷ Podolny W., Corrosion of Prestressing Steels and Its Mitigation, PCI JOURNAL, (1992), 37(5), 34–55.

²⁸ 220916 ARH 1.1.1 - Gradjevinski dnevnik 06 - 230303 ARH 1.1.1 - Gradjevinski dnevnik 10.

²⁹ Operativni bilten 30.09.2022, Operativni bilten 01.12.2022, Republički hidrometeorološki zavod Srbije.

³⁰ <https://www.021.rs/story/Novi-Sad/Vesti/318234/FOTO-Prokisnjava-obnovljena-Zeleznicka-stanica-u-Novom-Sadu-cekaonica-za-decu-zatvorena-zbog-vode.html>

³¹ https://direktno.rs/vesti/srbija/509811/pozar-novi-sad-zeleznicka.html#google_vignette

³² <https://www.euronews.rs/srbija/aktuelno/36166/pozar-u-zgradi-glavne-zeleznicke-stanice-u-novom-sadu/vest>

³³ <https://store.astm.org/a1032-15r19.html>

4.2 Procedure

Projekat Modernizacije, rekonstrukcije i izgradnje pruge Beograd–Subotica (državna granica Kelebija), deonica pruge Novi Sad – Subotica (državna granica Kelebija), realizovan je u skladu sa članom 133 Zakona o planiranju i izgradnji, po kojem za objekte javne železničke infrastrukture građevinsku dozvolu za izgradnju tog objekta izdaje ministarstvo nadležno za poslove građevinarstva.

Za građenje objekata iz člana 133 ovog zakona, za koje se, na osnovu planskog dokumenta, mogu izdati lokacijski uslovi, ne izrađuje se prethodna studija opravdanosti sa generalnim projektom (inicijalna faza izrade tehničke dokumentacije). U ovom konkretnom slučaju, usled postojanja planskog osnova, faza prethodne studije opravdanosti sa generalnim projektom nije izrađena.

Planski osnov za realizaciju ovog projekta potvrđen je Uredom o utvrđivanju prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora železničke pruge Beograd – Subotica – Državna granica (Kelebija) iz 2017. godine. U ovom planskom osnovu iz 2017. godine predviđena je rekonstrukcija i modernizacija svih službenih mesta. Međutim, nije naglašeno koji objekti će biti predmet adaptacije, koji predmet sanacije, a koji rekonstrukcije, što se može smatrati i uobičajenom praksom u ovoj početnoj fazi izrade tehničke dokumentacije. Izmenama prostornog plana iz 2019. godine, u delu kojim se obrađuje čvor Novi Sad, navedeno je da se planira rekonstrukcija, adaptacija i dogradnja stanične zgrade i staničnog trga u skladu sa budućim potrebama (te potrebe planom nisu definisane).

Prema nadležnim propisima, za objekte za koje postoji obaveza izrade studije opravdanosti obavezna je i izrada projektnog zadatka za studiju opravdanosti, koji podleže stručnoj kontroli Revizione komisije. Za projekte čiju realizaciju finansiraju korisnici javnih sredstava projektni zadatak je obavezan sastavni deo svih faza tehničke dokumentacije, osim idejnog rešenja. Projektni zadatak izrađuje investitor, a u ovom slučaju to je Infrastruktura železnice Srbije a.d. Republička revizionna komisija je februara 2015. godine prihvatila Projektni zadatak za izradu Studije opravdanosti sa idejnim projektom za modernizaciju, rekonstrukciju i izgradnju predmetne pruge.

Ovaj projektni zadatak je od 2015. godine do 2023. godine pretrpeo različite izmene i dopune. Očekivano bi bilo da Projektni zadatak za konstrukcijski deo projekta sadrži više detalja na nivou Projekta za građevinsku dozvolu, ali to ovde nije slučaj. Tako je npr. Projektni zadatak za izradu Idejnog projekta (osnov za njegovu izradu bila je verzija projektnog zadatka koju je 2015. godine usvojila Republička revizionna komisija), koji je Investitor formirao oktobra 2017. godine, nakon šest meseci, aprila 2018. godine, prvi put izmenjen. Poslednja izmena Projektnog zadatka je iz aprila 2023. godine i jednim delom se odnosila i na promenu namene određenih prostorija unutar stanične zgrade Novi Sad. U celokupnom procesu izrade tehničke dokumentacije, počevši od idejnog rešenja, pa sve do projekta za izvođenje, projektant je dužan da poštuje zahteve investitora koji proističu iz projektnog zadatka. Analizom javno dostupnih projektnih zadataka u periodu od 2015. do 2023. godine može se utvrditi da, sem opšteg stava o neophodnosti omogućavanja visokog nivoa bezbednosti i usluge putnicima (ovde se, pre svega, misli na načela pristupačnosti perona i vozova) i osim ponavljanja stava o rekonstrukciji, adaptaciji i dogradnji stanične zgrade i staničnog trga u skladu sa budućim potrebama, nije eksplicitno navedeno koji delovi te zgrade će biti predmet rekonstrukcije, koji predmet adaptacije, a koji dogradnje, s naglaskom na to da se predmetna nadstrešnica ni u jednom od ovih dokumenata eksplicitno ne pominje.

Kako bi se projekat realizovao do kraja, nakon potvrđivanja planskog osnova izrađeno je Idejno rešenje, na osnovu kojeg su potom ishodovani Lokacijski uslovi, koji moraju biti usklađeni sa podacima iz prostornog plana. Lokacijski uslovi sadrže sve urbanističke, tehničke i druge uslove i podatke potrebne za izradu idejnog, odnosno projekta za građevinsku dozvolu i projekta za izvođenje. Isti sadrže i sve uslove imaoća javnih ovlašćenja. Uslovi koje dostavljaju imaoći javnih ovlašćenja za projektovanje i priključenje ne mogu biti u suprotnosti sa uslovima iz planskog dokumenta na osnovu kog se izdaju, niti se mogu menjati utvrđeni urbanistički parametri. U suprotnom, smatra se da su uslovi izdati suprotno uslovima iz planskog dokumenta ništavni. Lokacijski uslovi urađeni su na osnovu Idejnog rešenja i ishodovani tokom 2020. godine. U izdatim Lokacijskim uslovima navedeno je da će se na staničnoj zgradi Novi Sad izvoditi radovi na adaptaciji i rekonstrukciji, bez zalaženja u detalje koji delovi će biti predmet jedne, a koji druge intervencije, a naročito bez pominjanja eventualnih radova na predmetnoj nadstrešnici.

Nakon ishodovanja lokacijskih uslova, projektant može pristupiti izradi prve naredne faze tehničke dokumentacije, odnosno idejnom projektu. Idejni projekat je od strane Republičke revizione komisije potvrđen u avgustu 2020. godine. Republička revizionna komisija, za sve objekte iz člana 133 Zakona o planiranju i izgradnji, vrši stručnu kontrolu tehničke dokumentacije, potvrđuje usaglašenost projekta sa lokacijskim uslovima i proverava koncepciju objekta. Revizionna komisija je u svom izveštaju konstatovala da je projekat usaglašen sa izdatim Lokacijskim uslovima i da se prihvata, uz neophodne mere koje je Projektant u obavezi da primeni u fazi Projekta za građevinsku dozvolu. Nakon toga je Idejni projekat pretrpeo još dve izmene i dopune tokom 2021. godine, koje su se odnosile, pre svega, na objekte na trasi pruge i nemaju veze sa predmetnom staničnom zgradom. Sa aspekta svih projekata konstrukcije, faza Idejnog projekta u ovom konkretnom slučaju predstavlja inicijalnu, početnu fazu izrade tehničke dokumentacije.

Naredna faza podrazumeva izradu projekta za građevinsku dozvolu, koji opet mora biti usklađen sa prethodno potvrđenim planskim osnovom i lokacijskim uslovima.

Ovaj projekat podleže nezavisnoj tehničkoj kontroli, koju angažuje investitor i čiji je pozitivan izveštaj neophodan za ishodovanje građevinske dozvole. Tehnička kontrola posebno proverava da li su u ovoj fazi ispoštovane sve mere iz izveštaja revizione komisije. Takođe, ako tehnička kontrola konstatuje da su u ovoj fazi izvršene značajne izmene prethodno potvrđenih konceptualnih rešenja u idejnom projektu, neophodno je da o tome obavesti Investitora i da Investitor projekat vrati revizionnoj komisiji na ponovno odlučivanje. U ovom konkretnom slučaju, to se nije desilo.

Tehnička kontrola projekta za građevinsku dozvolu naročito obuhvata proveru: usklađenosti sa svim uslovima i pravilima sadržanim u lokacijskim uslovima, zakonom i drugim propisima, tehničkim normativima, standardima i normama kvaliteta, kao i međusobne usklađenosti svih delova tehničke dokumentacije; usklađenosti projekta sa rezultatima prethodnih istraživanja (prethodni radovi); ocenu odgovarajućih podloga za temeljenje objekata; proveru ispravnosti i tačnosti tehničko-tehnoloških rešenja objekta i rešenja građenja objekata; proveru stabilnosti i bezbednosti; proveru racionalnosti projektovanih građevinskih proizvoda;

proveru uticaja na životnu sredinu i susedne objekte.

Tehnička kontrola projekta za Građevinsku dozvolu izvršena je tokom 2021. godine i Građevinska dozvola ishodovana je krajem oktobra iste godine. Neuobičajenom situacijom u građevinskoj praksi može se smatrati činjenica da je istom građevinskom dozvolom obuhvaćeno čak 108 km pruge, zajedno sa svim objektima koji su u njenoj funkciji i svim službenim mestima (postojećim i novoprojektovanim). Navedena situacija podrazumeva, na primer, da je istom građevinskom dozvolom obuhvaćena čitava deonica pruge Novi Sad – Subotica – državna granica (Kelebija) sa svim sadržajima u funkciji te trase – 25 segmenata trase pruge sa infrastrukturnim i saobraćajnim elementima, uključujući i drumske saobraćajnice u zoni putnih prelaza (65 pozicija), 17 službenih mesta (od čega 10 kompleksa železničkih stanica i četiri stajališta – ukupno 70 arhitektonskih objekata), sa pratećim rušenjima, zaštitom i izmeštanjem infrastrukturnih mreža i izgradnjom nedostajuće infrastrukture. Tehničku dokumentaciju dostavljenu samo uz zahtev za izdavanje Građevinske dozvole čini preko 1200 svezaka projekata i elaborata, od čega se na kompleks železničke stanice Novi Sad odnosi oko 7% dokumenata, a na samu staničnu zgradu, može se reći, čak i manje od 3%.

Nije jasno zašto se nije išlo u proceduru fazne izgradnje trase pruge, uz ishodovanje više separatnih građevinskih dozvola, čime bi se i sastav tehničke dokumentacije po poddeonicama optimizovao i sama njihova dalja realizacija bila bi jednostavnija. Može se samo pretpostaviti da je dinamika realizacije bila jedan od najvažnijih parametara za donošenje odluke da trasa celokupne pruge sa svim pratećim objektima bude deo iste građevinske dozvole.

Poseban osvrt neophodno je dati na činjenicu da su ovom građevinskom dozvolom obuhvaćeni i radovi na postojećim objektima, kao što je objekat stanične zgrade u Novom Sadu. U Građevinskoj dozvoli samo je ponovljen stav iz Lokacijskih uslova da se planiraju radovi na rekonstrukciji, adaptaciji i dogradnji objekta stanične zgrade, bez ulaženja u dalje pojedinosti intervencija i bez pominjanja radova na predmetnoj nadstrešnici.

Procedura za postojeće objekte bila bi olakšana da je realizacija ovih objekata sprovedena po zasebnoj proceduri, odnosno članu 145 Zakona o planiranju i izgradnji. Za objekte po članu 145 Zakona o planiranju i izgradnji, stav 1, ne izdaje se građevinska dozvola, već se izdaje rešenje o odobrenju za izvođenje radova. Resorni ministar, u skladu sa članom 201, stav 7, 13a Zakona o planiranju i izgradnji, posebnim aktom propisuje za koje objekte nije potrebno ishodovanje građevinske dozvole. Taj posebni akt je „Pravilnik o posebnoj vrsti objekata i posebnoj vrsti radova za koje nije potrebno pribavljati akt nadležnog organa, kao i vrsti objekata koji se grade, odnosno vrsti radova koji se izvode, na osnovu rešenja o odobrenju za izvođenje radova, kao i obimu, sadržaju i kontroli tehničke dokumentacije koja se prilaže uz zahtev i postupku koji nadležni organ sprovodi”. U ovom slučaju, izrađivao bi se idejni projekat za sve postojeće objekte na trasi pruge i isti bi podlegao tehničkoj kontroli projektne dokumentacije. Na osnovu pozitivnog izveštaja nezavisne tehničke kontrole, ishodovalo bi se rešenje o izvođenju radova po zasebnoj proceduri, na osnovu čega bi se ti objekti dalje i realizovali. Tehnička dokumentacija za ove objekte ne podleže stručnoj kontroli od strane Republičke revizione komisije. Međutim, u ovom konkretnom slučaju ovakva procedura nije uzeta u obzir. Ovo je zasigurno otežalo praćenje realizacije projekta, kako sa aspekta izrade tehničke dokumentacije, tako i sa aspekta praćenja njegove realizacije na samom terenu.

Nakon projekta za građevinsku dozvolu sledi izrada projekta za izvođenje, na osnovu kojeg se radovi izvode, a u skladu sa prethodno izdatom građevinskom dozvolom. Mana naše zakonske regulative je da ova faza projekta ne podleže obaveznoj tehničkoj kontroli, tj. faza u kojoj ne postoji nezavisna kontrola projektne dokumentacije je upravo faza na osnovu koje se izvode radovi.

Kada je u pitanju građenje objekta, nakon ishodovanja građevinske dozvole, investitor je, u skladu sa članom 148 Zakona o planiranju i izgradnji, dužan da nadležnom organu koji mu je građevinsku dozvolu izdao podnese prijavu radova. U prijavi radova investitor navodi datum početka izvođenja radova, a potom nadležni organ o podnetoj prijavi obaveštava građevinsku inspekciju. Izdavanjem potvrde o prijavi radova smatra se da je okončan postupak izdavanja građevinske dozvole, čime se stiču uslovi za početak izvođenja radova. Za konkretne parcele stanične zgrade u Novom Sadu postoje dve prijave radova: prva, od 25. 3. 2022. godine, kojom se dozvoljavaju radovi isključivo na zemljištu, a ne radovi na objektima na predmetnim parcelama; druga prijava radova, kojom se dozvoljavaju radovi na objektima, od 16. 10. 2024. godine, i u njoj eksplicitno piše da se tom prijavom potvrđuju radovi na rekonstrukciji, adaptaciji i dogradnji objekta Stanična zgrada u Novom Sadu. Međutim, radovi na staničnoj zgradi su započeti krajem 2021. godine, tj. izvodili su se tri godine pre nego što su prijavljeni. Dodatno zabrinjava činjenica da je Republička građevinska inspekcija 2. 11. 2024. godine donela rešenje o zatvaranju gradilišta, a ne o zatvaranju objekta.

Poslednju fazu tehničke dokumentacije podrazumeva izrada projekta izvedenog objekta, koja je u ovom slučaju okončana tokom 2024. godine. Kada je u pitanju stanična zgrada u Novom Sadu, izrađen je Projekat izvedenog objekta za projekat konstrukcije rekonstrukcije, adaptacije i dogradnje stanične zgrade u Novom Sadu, što potvrđuje da je u toku izvođenja radova došlo do izmena u odnosu na Projekat za izvođenje, tj. da izvedeno stanje nije jednako projektovanom. Projekat izvedenog objekta je, između ostalog, neophodan za tehnički pregled objekta i apliciranje za upotrebnu dozvolu. Pogodnost objekta za upotrebu utvrđuje se tehničkim pregledom, koji se vrši po završetku izgradnje objekta. Tehnički pregled obuhvata kontrolu usklađenosti izvedenih radova sa građevinskom dozvolom i tehničkom dokumentacijom na osnovu koje se objekat gradi, kao i sa tehničkim propisima i standardima koji se odnose na pojedine vrste radova, odnosno građevinskih proizvoda, opreme i postrojenja. U konkretnom slučaju, Projekat izvedenog objekta izrađen je tokom avgusta 2024. godine, a objekat je pušten u upotrebu internom procedurom (koja nije prepoznata zakonom) početkom jula 2024. godine, bez tehničkog pregleda i ishodovane upotrebne dozvole. Uvidom u građevinske dnevnik može se uočiti da postoji zapis o internom prijemu objekta, dok se tehnički pregled objekta u građevinskim dnevnicima ne spominje.

5. Zaključak

Složeni mehanizmi korozijom izazvane degradacije čeličnog materijala ne prouzrokuju samo gubitak aktivne površine poprečnog preseka čelične žice, već i redukciju vitalnih mehaničkih karakteristika koje određuju kapacitet njene nosivosti u konstrukciji. Korodirani čelični materijal gubi sposobnost da se plastično deformiše, pa je stanje granične nosivosti praćeno iznenadnim krtim lomom, često bez prethodnih vizuelnih upozorenja. Životni vek korodirane čelične žice zavisi od atmosferskih parametara, stepena

agresivnosti sredine, inteziteta i učestalosti promena njenog naponsko-deformacijskog stanja, i može varirati od nekoliko godina do nekoliko decenija.

Iako je naučno-tehnološka revolucija novog doba donela inovativna i kvalitativno unapređena konstrukcijska rešenja građevinskih proizvoda, standardi za projektovanje građevinskih konstrukcija naglašavaju zahteve u pogledu njihove trajnosti tokom projektovanog životnog veka. Zaštita čeličnih konstrukcijskih komponenata od korozivnih ili zamor-oštećenja postiže se izborom odgovarajućeg sistema zaštite od korozije, odgovarajućim izborom materijala (na primer komponente od nerđajućih čelika), odgovarajućim konstrukcijskim zamor-detaljima ili konstrukcijskom redundacijom. U slučaju primene zamenljivih konstrukcijskih komponenata, mogućnost njihove (za konstrukciju i okolinu) bezbedne zamene treba da bude verifikovana u projektu kao prolazna proračunska situacija. Konstrukcije treba da budu projektovane i oblikovane tako da obezbede laku dostupnost svim komponentama konstrukcije, i time kvalitet izvedenih radova u pogledu redovnih pregleda (ili kontinuiranog praćenja ponašanja konstrukcije), održavanja, korektivnih mera i rekonstrukcije.

Činjenica da se, u skladu sa Zakonima i pratećim aktima koji to dozvoljavaju, jednom građevinskom dozvolom obuhvataju objekti saobraćajne infrastrukture i svi arhitektonski objekti (kako novi, tako i postojeći), ne olakšava praćenje izrade projekta i njegovu efikasniju realizaciju na samom terenu. Ovakav pristup za cilj ima isključivo ubrzanje procedura u ishodovanju potrebnih dozvola, ali to nije i ne sme biti primarni cilj u realizaciji projekta.

Autori

Dr Jelena Dobrić je redovni profesor na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, ekspertna oblast: konstrukcije od ugljeničnih i nerđajućih čelika

Dr Sanja Fric je docent na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, ekspertna oblast: saobraćajna infrastruktura – putevi