

Ojačanje zakovanih željezničkih čeličnih mostova

Branko Zaklan

Ključne riječi

željeznica,
čelični most,
zakovica,
ojačanje,
uvjeti prometa,
projektno rješenje

Key words

railway,
steel bridge,
rivet,
strengthening,
traffic conditions,
design solution

Mots clés

chemin de fer,
pont d'acier,
rivet,
renforcement,
conditions du trafic,
avant-projet sommaire

Ключевые слова:

железная дорога,
стальной мост,
заклёпка, усиление,
условия движения,
проектное решение

Schlüsselworte:

Eisenbahn,
Stahlbrücke,
Niet,
Verstärkung,
Verkehrsbedingungen,
Entwurfslösung

B. Zaklan

Stručni rad

Ojačanje zakovanih željezničkih čeličnih mostova

Istaknuta je činjenica da su mnogi željeznički čelični mostovi davno izvedeni, posebno oni kod kojih su spojna sredstva zakovice. Te je mostove potrebno ojačavati zbog povećanog opterećenja i većih dinamičkih utjecaja. Prikazano je neadekvatno projektno rješenje i analizirane nepovoljne posljedice njegove primjene. Opisano je i prikladnije rješenje, primijenjeno pri ojačanju jednog mosta. Kritički se ocjenjuju oba opisana projekta i sugerira se jedno od poboljšanih rješenja.

B. Zaklan

Professional paper

Strengthening of the riveted steel railway bridges

It is emphasized that many of the existing steel railway bridges have been built a long time ago, especially those in which riveted connections are used. Such bridges should be strengthened to take into account an increase in traffic load and higher dynamic influences. An inadequate design solution is presented and unfavorable effects of its implementation are analyzed. A more adequate solution, used in the strengthening of an existing bridge, is also described. Both designs are critically analyzed and one of the suggested solutions is recommended.

B. Zaklan

Ouvrage professionnel

Renforcement des ponts d'acier rivetés ferroviaires

L'article souligne le fait que qu'un grand nombre de ponts d'acier ferroviaires datent de loin, notamment ceux assemblés par des rivets. Ces ponts doivent être renforcés à cause des charges et des effets dynamiques plus importants. On présente un avant-projet sommaire de renforcement qui paraît inapproprié et on analyse les conséquences négatives de sa mise en oeuvre. On décrit également une solution plus adéquate, utilisée lors du renforcement d'un pont. On donne une appréciation critique des deux projets et on suggère l'une des solutions améliorées.

Б. Заклан

Отраслевая работа

Усиление заклёпочных железнодорожных стальных мостов

В работе подчёркнут факт, что многие железнодорожные мосты построены давно, особенно те, соединительными средствами которых являются заклёпки. Те мосты необходимо усилить из-за повышенной нагрузки и больших динамических влияний. Показано неадекватное проектное решение и анализированы неблагоприятные последствия его применения. Описано и более подходящее решение, применённое при усилении одного моста. Дается критическая оценка обоих проектов и suggerируется одно из улучшенных решений.

B. Zaklan

Fachbericht

Verstärkung von vernieteten Eisenbahnbrücken

Es wird die Tatsache betont dass viele Eisenbahnbrücken vor langer Zeit ausgeführt worden waren, besonders die bei welchen man Nieten als Bindemittel anwendete. Diese Brücken müssen verstärkt werden wegen grösserer Belastungen und grösseren dynamischen Einflüssen. Es ist eine unadäquate Entwurfslösung dargestellt und die ungünstigen Folgen deren Anwendung analysiert. Beschrieben ist eine zweckmässige Lösung die bei der Verstärkung einer Brücke angewendet war. Beide beschriebene Entwürfe sind kritisch bewertet und eine der verbesserten Lösungen suggeriert.

Autor: **Branko Zaklan**, dipl. ing. građ., HŽ-Infrastruktura, Pogon za pružne građevine, Zagreb

1 Uvod

Na prugama *Hrvatskih željeznica* postoji veliki broj starih čeličnih mostova srednjeg i većeg raspona, koji su izrađeni u zakovanoj izvedbi. Zbog povećanog prometnog opterećenja i većih dinamičkih utjecaja od povećanja brzine, za koje nisu projektirani, mnoge od njih potrebno je ojačati za tzv. višu klasu. Kako u te mostove ugrađeni čelik nije zavarljiv dodatni se elementi spajaju s postojećim također zakovicama. U tu svrhu potrebno je često raskivati određene elemente (štapovi rešetkastog nosača, kolovozni nosači i sl.) da bi se mogli ugraditi dodatni dijelovi za ojačanje. Takvi radovi izvode se tako da se prekida promet (zatvaranje pruge) i poduzimaju dodatna osiguranja zbog sprečavanja deformacija od vlastite težine i stalnog tereta. Budući da većina pruga na *Hrvatskim željeznicama* nema alternativne trase za preusmjeravanje prometa tijekom izvođenja radova, prekidi prometa morali bi biti svedeni na najkraće moguće vrijeme. U tom smislu tehnička dokumentacija za takve zahvate treba, osim statičkog proračuna, radioničkih nacrti i troškovnika, obuhvatiti i kompletni projekt organizacije i tehnologije izvođenja radova, s odgovarajućim planom dinamike odvijanja radova.

Kod nas je, nažalost, još uvijek praksa da projektne organizacije izrađuju projekte ojačanja konstrukcije za nepoznate izvođače, pa su za takvu vrstu radova većina projekata nepotpuni ili čak neupotrebljivi jer predlažu tehnologiju izvođenja radova koja nije prilagođena izvođačima.

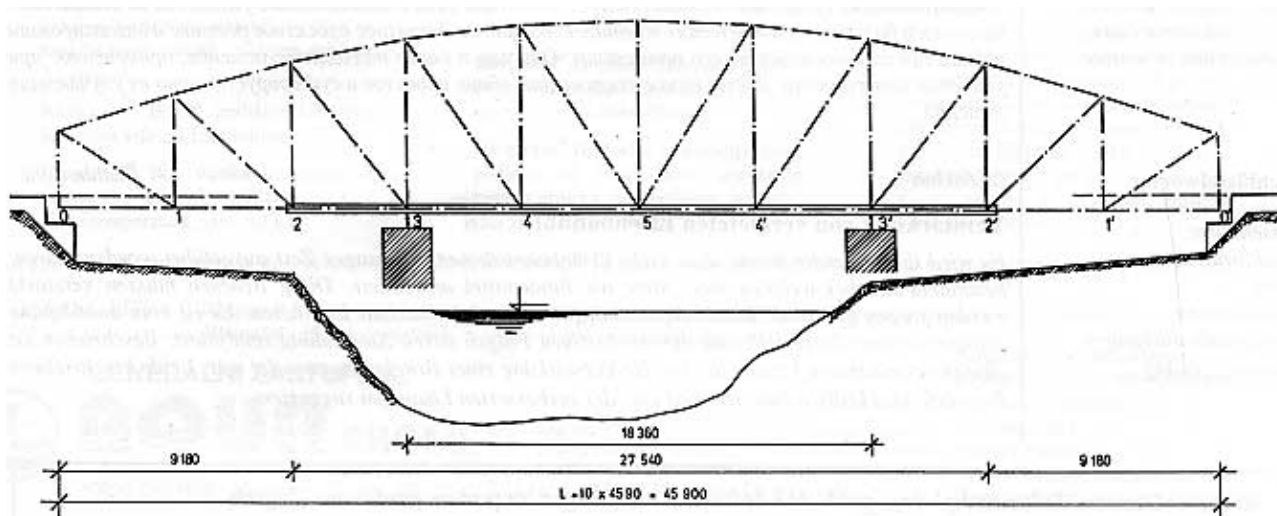
U ovom napisu bit će potanje opisan način izvođenja radova na ojačanju donjeg pojasa čelične rešetkaste konstrukcije mosta u km 13 + 550 pruge Pleternica – Velika.

2 Prikaz projektnih rješenja

2.1 Ponuđeno projektno rješenje

Na slici 1. shematski je prikazana rešetkasta konstrukcija koju je trebalo ojačati i dane su naznake načina njenog ojačanja.

Donji pojas glavnih nosača oblika T presjeka sastoji se od vertikalnog hrpta 370 x 14, dva kutnika L 75 x 100 x 11 te različitog broja horizontalnih lamela 260 x 10. Da bi se zadovoljila nosivost klase C₄ za osovinski pritisak od 200 kN potrebno je dodati još jednu lamelu 260 x 10 na srednjem dijelu konstrukcije između čvorova 2 i 2'. U tu svrhu potrebno je raskovati zakovice koje spajaju lamele i kutnike na dužini od 28,0 m, prilagoditi novu lamelu i ponovo zakovati cijeli paket. Dio izvedbenog projekta, koji se odnosi na tehnologiju izvođenja ojačanja svodi se na prijedlog da u čvorovima 3 i 3' treba podprijeti glavne nosače i na tim mjestima uvesti sile od po 338 kN, kako je to prikazano na slici. Da bi se aktivirale odgovarajuće sile potrebno je izvesti čvrste oslonce i spriječiti pomake prema dolje. Osim što su veliki troškovi takvog načina izvođenja pojavljuje se i problem deformacija oslabljenog presjeka (elastičnih i trajnih) nakon raskivanja. Naime, zbog međusobnog pomaka rupa na kutnicima i postojećim lamelama nastaju veliki problemi pri ponovnom zakivanju. Nije ovdje samo to bio problem, nego uz ostalo i činjenica da će biti potrebno dulje isključivanje pruge iz prometa, uz osiguranje prijevoza putnika autobusima (približno 20 dana po 8 sati dnevno). To je bitno poskupljivalo cijeli zahvat. I površnom analizom moglo se zaključiti da je projekt izrađen kao «školski program», da je bio nedovoljno proučavan te da u priloženom troškovniku veći dio troškova izvođenja nije bio obuhvaćen.



Slika 1. Shematski prikaz predloženog rješenja ojačanja

2.2 Projekt izvedenog rješenja

U poslovnoj jedinici *Hrvatske željeznice - infrastruktura, Pogon za pružne građevine* razrađeno je drugo rješenje zbog toga što je predloženi projekt imao velike nedostatke (radovi u koritu vodotoka, izvedba proširenja rupa za zakovice, osiguranje autobusnog prijevoza putnika i dr.), a i radi izbjegavanja izrazito visoke cijene izvedbe. Kao što se iz prikaza vidi razrađeno je jednostavnije, potpunije i jeftinije tehničko rješenje koje je i izvedeno. Na slici 2. to je rješenje shematski prikazano. Osnovna ideja je u tome, da se dio vlačnih sila donjeg pojasa, koji preuzimaju lamele, prenese u zatvoreni okvirni sistem koji se sastoji od zamjenskih nosača U-300 priključenih na vertikale glavnih rešetkastih nosača s vanjske strane i poprečnih nosača u čvorovima 2 i 2' koji preuzimaju momente savijanja nastale zbog ekscentričnog priključka zamjenskih nosača. Pretpostavka da će biti jednostavnije zakivanje pokazala se ispravnom, jer za zakivanje 1120 zakovica $\phi 23$ nije trebalo proširivati niti jednu rupu. Nisu se pojavile ni plastične deformacije na ostalim elementima sistema, vertikalama glavnih nosača, ni na poprečnim nosačima.

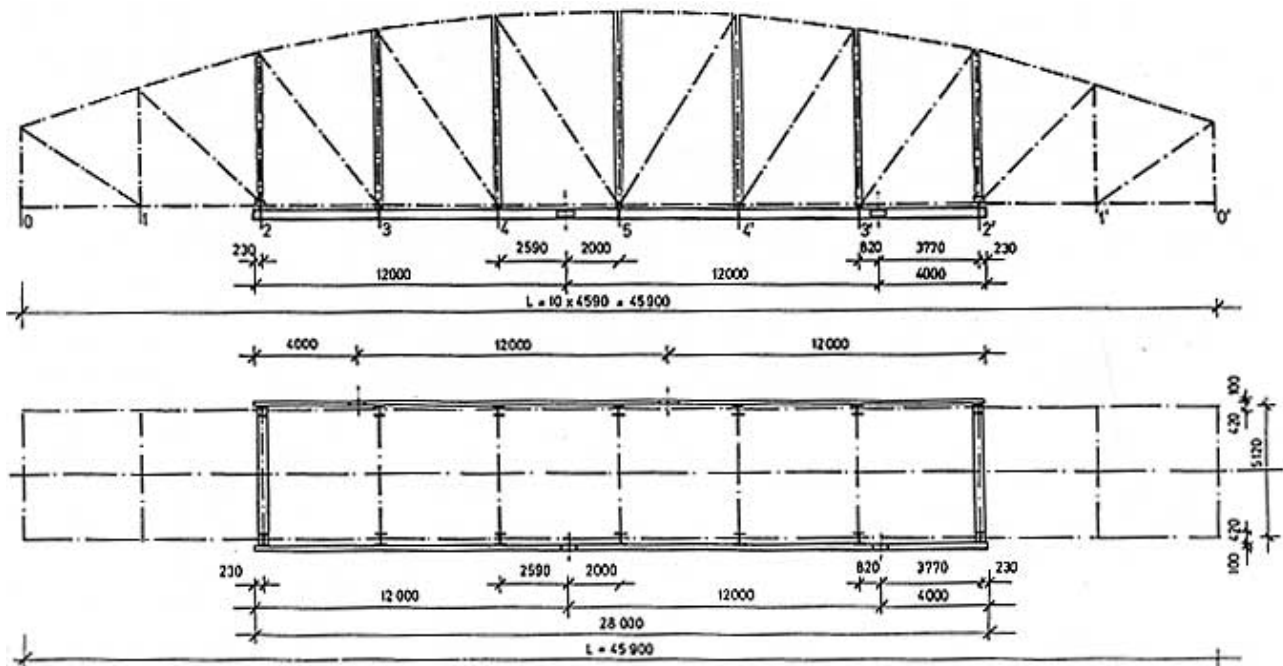
Poprečne nosače u čvorovima 2 i 2' trebalo je ojačati kako bi preuzeli dodatne momente u horizontalnoj ravni. Tehnologija izvođenja radova bila je detaljno razrađena i u skladu s tim projektom izvedeni su svi radovi. Pri izvedbi radova nije bilo duljih zatvaranja pruge, a

propisani su uvjeti usporene vožnje. Kraća zatvaranja pruge u intervalima između vlakova bila su potrebna onda kada su izvođena ojačanja gornjeg pojasa poprečnih nosača u čvorovima 2 i 2'.



Slika 3. Montiranje U nosača

Na slici 3. prikazana je faza montiranja U nosača koji su s poprečnim nosačima činili horizontalni okvir, shematski prikazan na slici 2. Na slici 4. je most snimljen nakon obavljenih radova njegova ojačanja.



Slika 2. Shematski prikaz izvedenog rješenja ojačanja



Slika 4. Most nakon završenih radova ojačanja

3 Poboljšano projektni rješenje

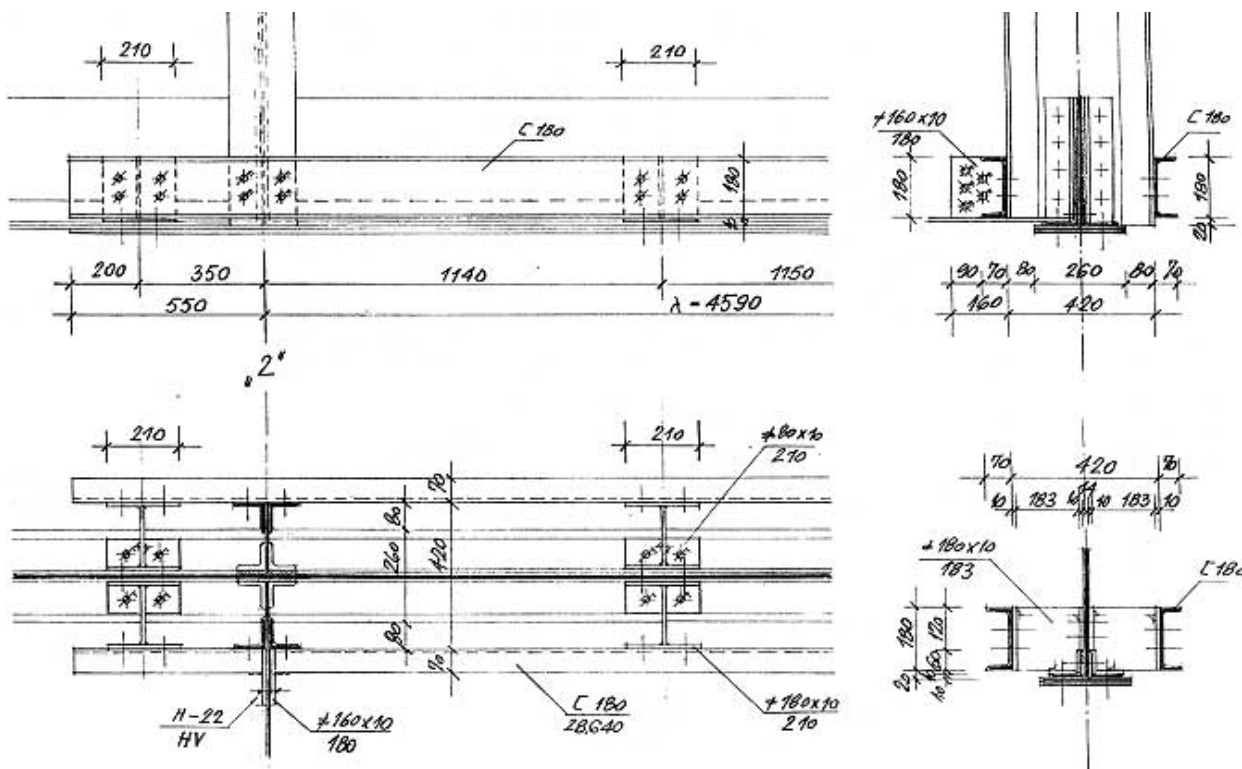
Ukratko se prikazuje i još jedno moguće rješenje zahvata opisanog u točki 2. ovog članka. Kao što je već spomenuto izvedeno rješenje se pokazalo uspješnim. Naknadne analize su, međutim, pokazale da je isti zahvat bilo moguće izvesti racionalnije. To poboljšano rješenje, koje

nije izvedeno, prikazano je na slici 5. Bitna poboljšanja kod toga rješenja u odnosu na već opisana su: manji opseg radova, kraće vrijeme izvođenja i upola manji ukupni troškovi. Pokazalo se da je, kad se radi o tipovima rešetki kakvi su nosači opisanog mosta, moguće izvesti ojačanja bez većih raskivanja.

Sa dva valjana profila U-180 učvršćena na vertikale rešetke i povezana u četvrtinama polja međusobno i sa donjim pojasom postiže se zadovoljavajuće tehničko rješenje, s tim da se raskiva samo 160 zakovica na donjem kraku pojasnih kutnika. Vanjski profil prolazi kontinuirano, a unutarnji se prekida na mjestima poprečnih nosača i međusobno povezuje s HV-vijcima. Traženu nosivost zadovoljava i jedan profil, no zbog izbjegavanja ekscentričnosti presjeka izvodi se simetrično sa svake strane po jedan profil. Oba profila U-180 imaju manju težinu od zamjenskog nosača U-300 kakav je u prikazanoj sanaciji izveden. Ne treba posebno napominjati da se pri ovakvom rješenju ne javljaju nikakve deformacije i da nije potrebno zatvaranje pruge.

4 Zaključak

Postavlja se pitanje zašto pisati o problematici za koju su poznata rješenja još prije 50 i više godina. Kako, na primjer, izvesti podupore (u svakom ili barem svakom drugom čvoru rešetke) ispod mosta koji prolazi preko



Slika 5. Detalji poboljšanog rješenja ojačanja mosta

provalije duboke 50 i više metara, također nije upitno jer je to dosada provedeno mnogo puta. Probleme ojačanja mostova rješavali su inženjeri na željeznici prije 30 i više godina (npr. most preko rijeke Like) kad su tehnička pomagala za projektiranje i izvođenje bila bitno lošija od današnjih, a radovi su se također izvodili pod prometom, jer ni tada kao ni danas nije bilo alternativne pruge za preusmjerenje prometa. Prikazano pogrešno rješenje upozorava da ipak o tome treba pisati.

Važno je istaknuti da projekte ojačanja i rekonstrukcija željezničkih mostova kad se radovi moraju izvoditi pod prometom ne može raditi svaka projektna organizacija. To može raditi ona projektna kuća koja ima iskusne inženjere koji su rješavali takve probleme i živjeli s njima. Većina projektanata nikad nije stajala na ovješenoj skeli

ispod mosta i vidjela što znači raskovati i ponovno zakovati tisuće zakovica. Treba znati kako se može ugraditi provizorni most za potrebe građevne jame upornjaka i stupova za rekonstrukciju ili ubacivanje novog mosta na pruzi po kojoj se odvija promet, te kako sa sigurnošću predvidjeti kada se treba i može ugraditi određeni tip provizornog mosta.

U razvijenim zemljama investitoru su važni ukupni troškovi izvođenja radova na nekom objektu pri čemu je cijena projektne dokumentacije neznatna u odnosu na ostale troškove. Trebalo bi i kod nas početi razmišljati na taj način. Projekte i izvedbu povjeravati tvrtkama s referencama, koje će potrebne radove obaviti jeftinije i bolje od drugih. Svrha ovoga rada je da upozori na problem i da za pouku pokaže neka loša, a i dobra rješenja.

IZVOR

- [1] Projektna dokumentacija HŽ-Infrastruktura, Pogon za pružne građevine, Zagreb