

Predgovor

Građevinske konstrukcije načinjene su od materijala: drva, opeke, betona i čelika. Tu ne treba zanemariti i konstrukcije od aluminija, koje su zastupljene u industriji gdje je to uvjetovano arhitekturom i tehnologijom.

U suvremenoj gradnji (danas) čelične se komponente proizvode u velikim jedinicama na proizvodnoj transportnoj traci i time se postiže najkraće vrijeme gradnje zahvaljujući jednostavnim i kvalitetnim spojevima.

Reciklažom, topljenjem i valjanjem elemenata dobivamo čelične limove i profile koji ponovno ulaze u građevinsku industriju. Zahvaljujući osobini čelika da se može reciklirati, čelik je najzahvalniji ekološki građevinski materijal.

Suvremene čelične konstrukcije pružaju inženjerima i arhitektima priliku da pronađu jednostavno i elegantno rješenje s detaljima koji su u cijelosti obrađeni u Europskim normama (EN) pod zajedničkim nazivom Eurocode.

Europske norme koje su zastupljene u zemljama Europe sve više prodiru i u druge zemlje bez obzira na to što su u tim zemljama zastupljene i nacionalne norme.

Treba priznati da su Europske norme osim što su kompaktne, vrlo sistematski složene od jednoobraznosti simbola, gotovih detalja koji su znanstveno izučeni i obrađeni u pojedinim poglavljima.

Na temelju Europskih normi izrađeni su priručnici s tipskim spojevima koji su uvedeni u elektronske programe.

Kao primjer navest ćemo:

DSTV/Stahlbau-Verlags GmbH; Typisierte anschlüsse im Stahlhochbau, Köln, Band 1 (1, Aufl. 2000), i Band 2 (2, Aufl. 2003)

Danas, mnogi prolaznici ali i stručnjaci iz raznih područja djelovanja dive se smionim konstrukcijama i njihovim autorima. Zahvaljujući novim tehničkim mogućnostima i laboratorijskim istraživanjima vrlo složenih detalja obrađeni su u Europskim normama, koje nam daju mogućnost a i na neki način slobodu u projektiranju i izvođenju vrlo smionih konstrukcija.

Neovisno od toga je li neka zemlja članica EU ili nije, mnoge zemlje su prihatile Europske norme kao svoje. Hrvatska je pred vratima EU i kao takova uskoro će imati obvezu primjenjivati Europske norme, tim više što već danas ne možemo izvoziti svoj proizvod u zemlje EU i zemlje Afrike i Azije.

S druge strane (mi) i do sada smo u pojedinim područjima primjenjivali strane norme, kao što su američke u petrokemiji i njemačke u ostalim granama industrije.

Danas je Njemačka, koja je poznata po svojim DIN normama, prešla u mnogim područjima na Europske norme.

Čelične konstrukcije koje su većim dijelom obrađene u DIN-u 18800 zamijenjene su s EN 1993 ili skraćeno EN 1993 ili EN 3.

Norma EN 3-1-8 obrađuje spojeve u čeličnim konstrukcijama. Tu su priključci okvirnih i rešetkastih nosača kao i nastavci pojedinih elemenata, bilo da je stup ili greda, te oslonci (ležajevi) stupova u materijalu čelik-beton.

Ovdje ću naglasiti da EN 3-1-8 u svom dijelu obuhvaća dio normi koje možemo naći u DIN-u ili ISO standardu.

Inženjeri ili tehničari, neovisno jesu li građevinske ili strojarske struke, (a do sada su se služili njemačkom literaturom) brzo će se snaći i u Europskim normama.

Autori Europskih normi koji rade u pojedinim komitetima nisu stigli obraditi sva područja. Kao primjer navest ću vijke, zakovice ili profile, a da se ne spominju i druga područja. U tom slučaju kolege inženjeri mogu se poslužiti DIN normama.

U ovoj knjizi dano je težište na spojeve s kojima se svakodnevno susrećemo. Nadam se da će knjiga naći svoje mjesto među kolegama koji se bave projektiranjem ili izvođenjem konstrukcija u čeliku. Knjiga će dobro doći mladim kolegama koji studiraju i imaju afinitet prema čeličnim konstrukcijama.

Eurocod 3-1-8 se sastoji od tri osnovna dijela složenih u sedam poglavlja.

- Ova knjiga ima 3 dijela.

Prvi dio obrađuje komentar s primjerima za predmetno poglavlje.

Drugi dio je prijevod EN 3-1-8.

Treći dio su tablice. Tablice su izvađeni pojedini dijelovi knjige s ciljem da se korisnik njima može poslužiti neovisno o knjizi.

U svakom slučaju preporučujem da korisnik izuči poglavlje kako bi se lakše i sigurnije koristio tablicama.

Kombinacijom teksta, adekvatnih ilustracija, tablica i primjera dan je temelj za pristup pojedinom istom ili srodnom zadatku.

Uz to dane su fotografije značajnijih građevina koje se radi veće jasnoće i preglednosti naslanjaju na određeno poglavlje.

Predgovor

Na naslovnoj stranici, koja je formatizirana preko prve i zadnje korice, je fotografija portalne dizalice u „Duri Đakoviću“ – Slavonski Brod. Raspon konstrukcije je: $L=20+100+20$ m. Nosivost na kuki je: 20 tona, na gredi s magnetima 15 tona. Rešetkasta konstrukcija načinjena je od cijevi. Većina elemenata su okrugle cijevi. Donji pojas grede načinjen je od dva U profila. Razlog tomu je prihvat tračnice (šine) za kolica (mačku). Ispod konzola su željezničke tračnice za dolazak željezničkih vagona i kolnik za cestovna vozila. Na ovaj način osiguran je nesmetan prolaz vozilima koji tehnološki pružaju kvalitetnu i sigurnu organizaciju na skladištu metalne robe. Elemente za proračun spojeva na dizalici možemo naći u poglavljima 3, 4 i 7.

Ideja za pisanje ove knjige nastala je tijekom rada na obavljanju revizije projektne dokumentacije iz područja čeličnih konstrukcija. Nažalost moram napomenuti da većina mladih kolega nakon svega nekoliko godina radnog staža, položenog stručnog ispita i dobivanja ovlaštenja od Komore samostalno nastupaju na tržištu rada i preko poznanstva ili putem natječaja dobiju vrlo složene poslove iz područja čeličnih konstrukcija.

Mlade kolege s (tako) malo radnog iskustva, s nedovoljno znanja iz tehnologije izrade i montaže izrađuju vrlo oskudnu dokumentaciju. Najčešće dokumentacija sastoji se od kompjutorske simulacije građevine, statičkog proračuna s mnogo stranica u kojem su upisane sve moguće kombinacije djelovanja a ne vodeći dovoljno računa o parcijalnim faktorima. Slijedi ispis s prevelikim brojem stranica. Veći dio stranica je nepotreban i time guši prepoznatljivost za pronalasku mjerodavne kombinacije. Umjesto da je odabrao nekoliko kritičnih kombinacija koje čine maksimalno djelovanje na konstrukciju i time pojednostavio proračun.

Osnovni zadatak svakog projektanta ili statičara je riješiti globalnu i lokalnu stabilnost.

Nakon toga treba riješiti proračun spojeva koji su po prirodi slaba točka za sigurnost konstrukcije.

Moram reći da se danas većina kolega koji rade na statičkom izračunu tu ne snalazi. Većina takvih projekata dolazi do izvodača koji prema svom nahodanju i iskustvu rješavaju spojeve pri tom ne uzimajući u obzir koeficijente redukcije koji utječu na kvalitetu i statičku sigurnost spoja.

Rad na reviziji projektne dokumentacije omogućio mi je suradnju s velikim brojem mladih kolega ne samo u Hrvatskoj nego i šire, pa sam time i sam uvidio problem, a to je nedostatak literature koja obrađuje spojeve u čeličnim konstrukcijama.

Ovdje se ne mogu svima zahvaliti, a kada bih to činio morao bih spomenuti sve one kolege koji su dolazili zbog revizije na konzultacije. Oni znaju koji su to i duboko im se zahvaljujem.

Posebno moram spomenuti sve djelatnike „Leko-biro-a“ iz Slavanskog Broda koji su mi pomogli idejama, korekcijama i pri tehničkoj izradi pojedinih dijelova u poglavlju, a oni su:

Vjekoslav Leko

Damir Budimir

Ivan Medved

Denis Dimić

Ivica Šoštarić

Mladen Lovrić

Snježana Belfinger

Alena Katanić

Duro Stanišić

Duro Priseker

Josip Batagelj

Dalibor Čugura

Ana Holik

Hrvoje Bilić

Štefica Pospisil

Lana Delina

Krešimir Alinjak

Katarina Basanović

Vlatko Leko

Mato Kaurić

Roberta Matić

Boro Dončević

Kristina Tekić

Kata Katušić.

Mnogo hvala mojim kolegama iz građevinske i strojarske struke s kojima se susrećem u poslovima prilikom realizacija složenih građevinskih projekata.

Mnogo dugujem supruzi Nedjeljki, koja me je noću tjerala na počinak, a to je trajalo pune četiri godine. Nadam seda će generacije iza mene nastaviti pisati ovakve i slične knjige, jer u ovoj knjizi nije sve obrađeno o spojevima s kojima se svakodnevno susrećemo.

Na posljetku, svu svoju ljubav i zahvalnost šaljem i svojim unucima.

„Dida, kako ide? Dida, jesi li se umorio? Dida, kada će knjiga biti gotova?
Dida, koliko će knjiga biti debela? Uf . . .“

Slavonski Brod, listopada 2012. godine

Autor

mr. sc. Vjenceslav Leko, dopl. ing. građ.

Sadržaj

1	Uvod		1
K2		Kolni most preko rijeke Save kod Beograda 1956.	3
	K2	Osnove proračuna	5
	K2.1	Pretpostavke	5
	K2.2	Opći zahtjevi	5
	K2.3	Sile i momenti koji djeluju na spojeve	5
	K2.4	Otpornost spojeva	5
	K2.5	Proračunske pretpostavke	5
	K2.6	Spojevi opterećeni posmičnim silama, izloženi udaru, vibracijama i/ili povratnom opterećenju	6
	K2.7	Ekscentričnost u spoju na križanju priključnih elemenata	7
K3		Dvokolosečni željeznički most preko rijeke Save – Zagreb 1939.	9
	K3	Spojevi s vijcima, zakovicama i trnovima (svornjacima)	11
	K3.1	Vijci, matice i podložne pločice	11
	K3.1.1	Općenito	13
	K3.1.2	Pritegnuti vijci	14
	K3.2	Zakovice	15
	K3.3	Anker vijci	19
	K3.4	Kategorije vijčanih spojeva	21
	K3.5	Položaj rupa za vijke i zakovice	21
	K3.6	Proračunska otpornost pojedinačnih spojnih sredstava	22
	K3.6.1	Vijci i zakovice	22
	K3.6.2	Injektirani vijci	28
	K3.8	Dugi (dugački) spojevi	28
	K3.9	Otpornost spojeva s vijcima klase čvrstoće 8.8 ili 10.9 na proklizavanje	29
	K3.9.1	Proračunska otpornost vijaka na proklizavanje	29
	K3.9.3	Hibridni spojevi	31
	K3.10.3	Kutnici spojeni preko jednog kraka i drugi nesimetrični zategnuti elementi	32
	K3.13	Spojevi ostvareni pomoću trnova	32
	K3.13.1	Izbor materijala za trnove	33
P3	P3-Primjer 1	Proračun spojne ploče na hrptu	35
	P3-Primjer 2	Spoj dvaju elemenata	37
	P3-Primjer 3	Spoj dvaju elemenata	40
	P3-Primjer 4	Spoj dvaju elemenata	41
	P3-Primjer 5	Spoj dvaju elemenata	43
	P3-Primjer 6	Spoj dvaju elemenata	44
	P3-Primjer 7	Spoj dvaju elemenata	47
	P3-Primjer 8	Spoj triju elemenata	53
	P3-Primjer 9	Čvor rešetkastog nosača	55
	P3-Primjer 10	Montažni nastavak zavarenog I profila	58

S Sadržaj

P3-Primjer 11	Montažni nastavak valjanog I profila	62
P3-Primjer 12	Montažni nastavak valjanog H profila	65
P3-Primjer 13	Spojevi s tnom	69
K4	Kolni most preko rijeke Save – Zagreb 1939.	75
K4	Zavareni spojevi	77
K4.1	Općenito	77
K4.1-1	Osnovni pojmovi u tehnici zavarivanja	77
K4.2	Dodatni materijal za zavarivanje	79
K4.2-1	Oznake postupka zavarivanja EN ISO 4063	81
K4.3	Geometrija i dimenzije	82
K4.3.1	Vrste zavara	82
K4.3.2	Kutni zavari	83
K4.3.3	Kutni zavari po obodu rupe	84
K4.3.4	Sučelni zavari	85
K4.3.5	Čep zavari	86
K4.3.6	Užlijebljeni zavari	86
K4.4	Zavareni spojevi s podmetačem	87
K4.5	Proračunska otpornost kutnih zavara	89
K4.5.1	Efektivna dužina zavara	89
K4.5.2	Efektivna debljina zavara	91
K4.5.3	Proračunska otpornost kutnih zavara složenom I presjeku	91
K4.6	Proračunska otpornost kutnih zavara po obodu otvora	96
K4.7	Proračunska otpornost sučelnih zavara	96
K4.7.1	Zavari s punim provarom, slika K4-40 a)	96
K4.7.2	Sučelni zavar s djelomičnom penetracijom, slika K4-41 b)	97
K4.7.3	Sučelni T spojevi	97
K4.8	Proračunska otpornost zavara tipa čep	97
K4.9	Raspodjela sila	97
K4.10	Spojevi s neukrućenim nožicama	97
K4.11	Dugi (dugački) spojevi	98
K4.12	Ekscentrično opterećeni kutni i sučelni zavari s djelomičnim provarom	98
K4.12.1	Okomita sila na zavar	98
K4.12.2	Moment savijanja	98
K4.13	Kutnici spojeni preko jednog kraka	98
K4.14	Zavarivanje u zonama hladnog oblikovanja	99
K4.15	Zavarivanje u zonama predgrijavanja	99
K4.16	Izrada kugli kao elemenat u spoju rešetkastih nosača	100
P4	P4-Primjer 1 Nastavak I profila	103
	P4-Primjer 2 Pojačanje pojasa	103
	P4-Primjer 3 Kutni zavari – zadovoljenje kriterija	104
	P4-Primjer 4 Priključak vlačnog štapa – sučelni spoj	105

	P4-Primjer 5	Priključak vlačnog štapa – bočni zavar	105
	P4-Primjer 6	Priključak vlačnog štapa – bočni + čeonni zavar	106
	P4-Primjer 7	Sučelni spoj valjanog I profila	108
	P4-Primjer 8	Nastavak zavarenog nosača	109
	P4-Primjer 9	Konzola – moment i poprečna sila	111
	P4-Primjer 10	Konzola – poprečna sila	114
	P4-Primjer 11	Konzola sila djeluje koso	115
	P4-Primjer 12	Torzija – djelomično otvoreni profil	116
	P4-Primjer 13	Torzija – otvoreni profil	116
	P4-Primjer 14	Torzija – zatvoreni zavareni profil	117
	P4-Primjer 15	Torzija – kutijasti presjek	118
	P4-Primjer 16	Stup na kontaktnu ploču	119
T4	T4-Tablica 1	Zavareni i zalemljeni spojevi – prema EN ISO 2553	123
	T4-Tablica 2	Zavareni spojevi – priprema žlijeba prema EN ISO 2553	131
	T4-Tablica 3	Industrijski standard za pripremu zavarenog spoja	139
	T4-Tablica 4	Statičke veličine za profile	149
	T4-Tablica 5	Statičke veličine za zavarene konzole	151
	T4-Tablica 6	Statičke veličine za zavarene sučelne spojeve	153
	T4-Tablica 7	Statičke veličine za kutne zavare u spoju	155
	T4-Tablica 8	Naprezanje u zavarenim spojevima	157
	T4-Tablica 9	Statičke veličine za kutne zavare u spoju	159
	T4-Tablica 10	Statičke veličine za kutne spojeve	163
	T4-Tablica 11	Greške u zavarenim spojevima EN ISO 5817	165
	T4-Tablica 11-1	Greške skupine 100 u zavarenim spojevima – pukotine	171
	T4-Tablica 11-2	Greške skupine 200 u zavarenim spojevima – poroznost	173
	T4-Tablica 11-3	Greške skupine 300 - čvrsti uključci	175
	T4-Tablica 11-4	Greške skupine 400 - nedovoljno vezivanje penetracija	177
	T4-Tablica 11-5	Greške skupine 500 - oblik zavara	180
	T4-Tablica 11-6	Greške skupine 600 – ostale greške	185
K5		World Trade Center – 1973, srušen 11.09.2001.	189
	K5	Analiza klasifikacija i modeliranje	191
	K5.1	Globalna analiza	192
	K5.1.1	Općenito	192
	K5.1.2	Elastična globalna analiza	193
	K5.2	Klasifikacija spojeva	201
	K5.2,2	Klasifikacija spojeva prema krutosti	201
	K5.2,3	Klasifikacija prema nosivosti	209
	K5.3	Modeliranje spoja greda stup	212
P5	P5-Primjer 1	Čvor greda-stup, zavareni spoj	225
	P5-Primjer 2	Čvor greda-stup, vijčani spoj	229
	P5-Primjer 3	Čvor greda-stup, vijčani spoj	233

S Sadržaj

P5-Primjer 4	Čvor greda-stup, zavareni spoj	238
P5-Primjer 5	Čvor greda-stup, vijčani spoj	243
P5-Primjer 6	Čvor greda-stup, vijčani spoj	250
P5-Primjer 7	Zavareni čvor s vutom	256
K6	Eiffelov toranj – Paris 1889	259
K6	Spojevi između elemenata I ili H profila	261
K6.1	Spojevi između elemenata I ili H presjeka	261
K6.1.2	Konstruktivne osobine	262
K6.1.2.2	Proračunski moment otpornosti	263
K6.1.2.3	Rotaciona krutost „S _j “	264
K6.1.2.4	Kapacitet rotacije	265
K6.1.3	Osnovne komponente spojeva	268
K6.2	Proračunska otpornost	268
K6.2.1	Sile u presjecima	268
K6.2.2	Posmične sile	270
K6.2.3	Moment savijanja	271
K6.2.4	Ekvivalentni zategnuti T-elementi	274
K6.2.4.1	Općenito	279
K6.2.4.2	Pojedinačni redovi vijaka, grupe vijaka i grupe redova vijaka	282
K6.2.4.3	Kontra pločice	283
K6.2.5	Pritisnuti ekvivalentni T-element	283
K6.2.6	Proračunska otpornost nosivih komponenti u spoju greda-stup	292
K6.2.6.1	Otpornost hrpta stupa na posmičnu silu	286
K6.2.6.2	Hrbat stupa opterećen poprečnom silom na tlak (donja zona grede)	292
K6.2.6.3	Hrbat stupa opterećen poprečnom silom na tlak (gornja zona grede)	293
K6.2.6.4	Pojas stupa opterećen na savijanje	301
K6.2.6.4.1	Neukručen pojas stupa s čelnom pločom spojen s vijcima	296
K6.2.6.4.2	Ukrućeni pojas stupa opterećen na savijanje	308
K6.2.6.4.3	Ukrućeni pojas stupa spojen zavarivanjem	311
K6.2.6.4.5	Čeona ploča opterećena na savijanje	311
K6.2.6.6	Kutnik na pojasu opterećen na savijanje	315
K6.2.6.7.	Pojas i hrbat grede opterećeni na tlak	318
K6.2.6.8	Hrbat grede opterećen na vlak	318
K6.2.6.9	Beton opterećen na pritisak	319
K6.2.6.10	Ležišna ploča opterećena na savijanje usljed tlačne sile	319
K6.2.6.11	Ležišna ploča opterećena na savijanje usljed vlačne sile	319
K6.2.7	Proračunski moment otpornosti za spoj greda-stup i nastavak greda	320
K6.2.7.1	Općenito	320
K6.2.7.2	Spoj greda-stup s čelnom pločom i vijcima	320
K6.2.8	Proračunska otpornost stope stupova i ležišnih ploča	320
K6.2.8.1	Općenito	321
K6.2.8.2	Stope stupova opterećene uzdužnim silama	321

K6.2.8.3	Stope stupova opterećene uzdužnim silama i momentom savijanja	329
K6.3	Rotacijska krutost	330
K6.3.1	Osnovni model	330
K6.3.3	Spojevi s čelnim pločama s više redova vijaka u zoni vlaka	331
K6.3.4	Stope stupova	331
K6.4	Kapacitet rotacije	331
P6		
P6-Primjer 1	Spoj u tjemenu okvira	335
P6-Primjer 2	Čvor greda-stup	338
P6-Primjer 3	Čvor greda-stup	356
P6-Primjer 4	Stopa stupa s trnom	376
P6-Primjer 5	Upeti stup s ležišnom pločom	381
P6-Primjer 6	Stup usidren u betonsku jamu	385
K7	„Ptičje gnijezdo“, Nacionalni olimpijski stadion u Pekingu – otvoren 28.06.2008.	389
K7	Spojevi cijevnih profila	391
K7.1.1	Područje primjene	392
K7.1.2	Polje primjene	394
K7.2	Proračun spojeva	400
K7.2.1	Općenito	400
K7.3	Zavari	402
K7.4	Zavareni spojevi između cijevnih profila kružnog presjeka – CHS profila	402
K7.4.1	Općenito	402
K7.4.2	Spojevi u ravnini	402
K7.4.3	Prostorni spojevi	409
K7.5 „A“	Zavareni spojevi između elemenata ispune od okruglih CHS i pojasa od kvadratnih RHS profila	409
K7.5 „B“	Zavareni spojevi između elemenata ispune i pojasa od kvadratnih RHS profila	410
K7.5.3	Prostorni spojevi	425
K7.6 „A“	Zavareni spojevi između elemenata ispune CHS i pojasa od I ili H profila	426
K7.6 „B“	Zavareni spojevi između elemenata ispune RHS i pojasa od I ili H profila	426
P7		
P7-Primjer 1	T spoj od okruglih cijevi – CHS profila	433
P7-Primjer 2	T spoj od kvadratnih cijevi – RHS profila	436
P7-Primjer 3	T spoj od kvadratnih cijevi – RHS i H profila	438
P7-Primjer 4	Rešetkasti nosač od zavarenih cijevnih profila – CHS	441
P7-Primjer 5	Rešetkasti nosač od zavarenih cijevnih profila – RHS	449
P7-Primjer 6	Rešetkasti nosač od zavarenih cijevnih profila – CHS i H	458
P7-Primjer 7	Rešetkasti nosač od zavarenih cijevnih profila – CHS	468
P7-Primjer 8	Rešetkasti nosač od zavarenih cijevnih profila – RHS	475
P7-Primjer 9	Rešetkasti nosač od zavarenih cijevnih profila – CHS i H	480
P7-Primjer 10	Rešetkasti nosač od zavarenih cijevnih profila – CHS	486

S Sadržaj

8-Simboli	Simboli koji su primjenjeni u ovoj normi	493
9-literatura	Literatura koja je korištena prilikom izrade ove knjige	501

Uvod¹

Stahl ist ein Material von hoher Intelligenz

Steel ist a highly intelligent material

Čelik je materijal visoke inteligencije²

Dominique Perrault poznat je:

po svojim velikim projektima, kao što su stadion za biciklizam i dvorane za plivanje u Berlinu. Nacionalna knjižnica u Parizu iz 1995. godine. To je prva veća građevina u svijetu načinjena od nehrđajućeg čelika. Poznate su čelične zavjese koje su prvi puta primijenjene i oblikovane od materijala takozvanom tehnikom: filtriranja a našle su svoje mjesto u arhitekturi. D. P. to smatra svojim zaštitnim znakom koji je na kraju i patentirao. Danas se čelične zavjese primjenjuju diljem svijeta i prihvatili su ih mnogi dizajneri.

Godine 2004. D. Perrault osvojio je prvu nagradu sa spektakularnim dizajnom na međunarodnom natječaju za novo Mariansko kazalište u St. Petersburgu.

O povijesti i razvoju čeličnih konstrukcija dosta je napisano u literaturi, te o tome ovdje nećemo govoriti.

O značaju i primjeni čeličnih konstrukcija mogao bih naglasiti sljedeće:

Danas je nezamislivo graditi složeniju i tehnološki zahtjevniju konstrukciju bez čelika. To nije novost. Koncem 18. i početkom 19. stoljeća čelik je zastupljen u svim granama graditeljstva.

Mogu slobodno reći da novije generacije projektanata industrijski razvijenih zemalja gotovo da i ne znaju projektirati u drugim materijalima. Industrija čelika i proizvodnja čeličnih konstrukcija otišla je tako daleko da nema drugog materijala koji je konkurentan i tehnički opravdan za gradnju većih i složenijih građevina.

U cilju međusobne razmjene industrijskih materijala i proizvoda Europska unija pristupila je izradi Europskih normi koje osiguravaju kvalitetu.

Nakon nekoliko desetljeća aktivnosti Europska unija učinila je prvi korak prema razvoju Europskih standarda pod nazivom Eurocodovi za projektiranje i izvođenje konstrukcija u inženjerskoj djelatnosti. Na ovaj način stvaraju se zajedničke norme na razini Europske zajednice i time se ukidaju domaće norme.

EN 1993 ili skraćeno EN 3 uređuje projektiranje, gradnju i dizajn čeličnih konstrukcija. Njegovi dijelovi primjenjuju se kao osnova za sljedeće vrste objekata: zgrade za društvene potrebe i industrijske građevine, mostove, tornjeve, stupove, dimnjake, silose, spremnike, cjevovode, dizalice, razne nosače u industriji itd. Uz to idu segmenti konstrukcije koji se primjenjuju u industriji.

Aneksi EN koji su prijelazni dijelovi kao što su djelovanje od vjetra, potresa, zaštite od požara rade se na nacionalnom nivou i taj dio nazivamo Nacionalna norma.

Ova knjiga sadrži brojne komentare po pojedinim poglavljima uz primjere kako bi korisnik lakše razumio normu. EN 3-1-8 obrađuje područje za proračun spojeva: vijčanih, zakovanih, zavarenih, kontaktni na tlak, kontaktni na trenje i djelomično na lijepljenje, kao što su injektirani vijci.

Primjeri su odabrani tako da informativno pokriju svako poglavlje. Uz to, dana su pojedina industrijska pravila koja se primjenjuju kod izrade izvedbene dokumentacije.

Tu su dana i pojedina rješenja koja idu uz standard.

Primjeri se odnose i na segmente koji se dotiču ove norme, a od praktične su važnosti.

Glavni i osnovni cilj je bolje razumjeti tekstove koji su dani u normi.

¹ U uvodu nismo dali nikakav komentar. U prijevodu je sve definirano. Simboli su izuzeti i dani su u posljednjem dijelu knjige. Razlog tomu je što su osim osnovnih simbola dodani i simboli koji su primijenjeni u općem dijelu i primjerima.

² Časopis DETAIL 7-8/2007.

K1 Uvod

- Tumačenje zaglavlja

EN 3-1-8 K1 Komentar - Desno u zaglavlju. Neparna stranica
Paralela s poglavljem 1 i tako redom do sedmog poglavlja. U tom dijelu knjige dan je komentar na pojedine točke u tom poglavlju.

K1 Uvod **Komentar** - Lijevo u zaglavlju. Parna stranica
Nastavak teksta.

EN 3-1-8 P3 Primjeri - Desno u zaglavlju. Neparna stranica
Paralela s poglavljem 3 i tako redom do sedmog poglavlja. U tom dijelu knjige dani su primjeri koji se prvenstveno vežu na to poglavlje.

P3 Spojevi s vijcima, zakovicama i trnovima Primjeri - Lijevo u zaglavlju. Parna stranica
Nastavak teksta.

EN 3-1-8 T3 Tablice - Desno u zaglavlju. Neparna stranica
Paralela s poglavljem 3 i tako redom do sedmog poglavlja. U tom dijelu knjige dani su primjeri koji se prvenstveno vežu na to poglavlje.

T3 Spojevi s vijcima, zakovicama i trnovima Tablice – Lijevo u zaglavlju. Parna stranica
Nastavak teksta.

EN 3-1-8/1 Opći dio - Desno u zaglavlju. Neparna stranica
Poglavlje 1 i tako redom do sedmog poglavlja. U tom dijelu knjige dan je prijevod norme.

- Povezivanje na tekst iz norme pomoću oznaka na desnoj strani:

Primjer:

Poglavlje iz standarda 6.2.4 Ekvivalentni zategnuti T-element prijevod iz norme 6.2.4

Stavka u poglavlju 6.2.4.1 (3): Može se smatrati --- i tako dalje. stavka iz osnovne norme 6.2.4.1(3)

Jednadžba iz poglavlja 6 $F_{c,Rd} = f_{jd} b_{eff} l_{eff}$ jednadžba iz osnovne norme (6.4)

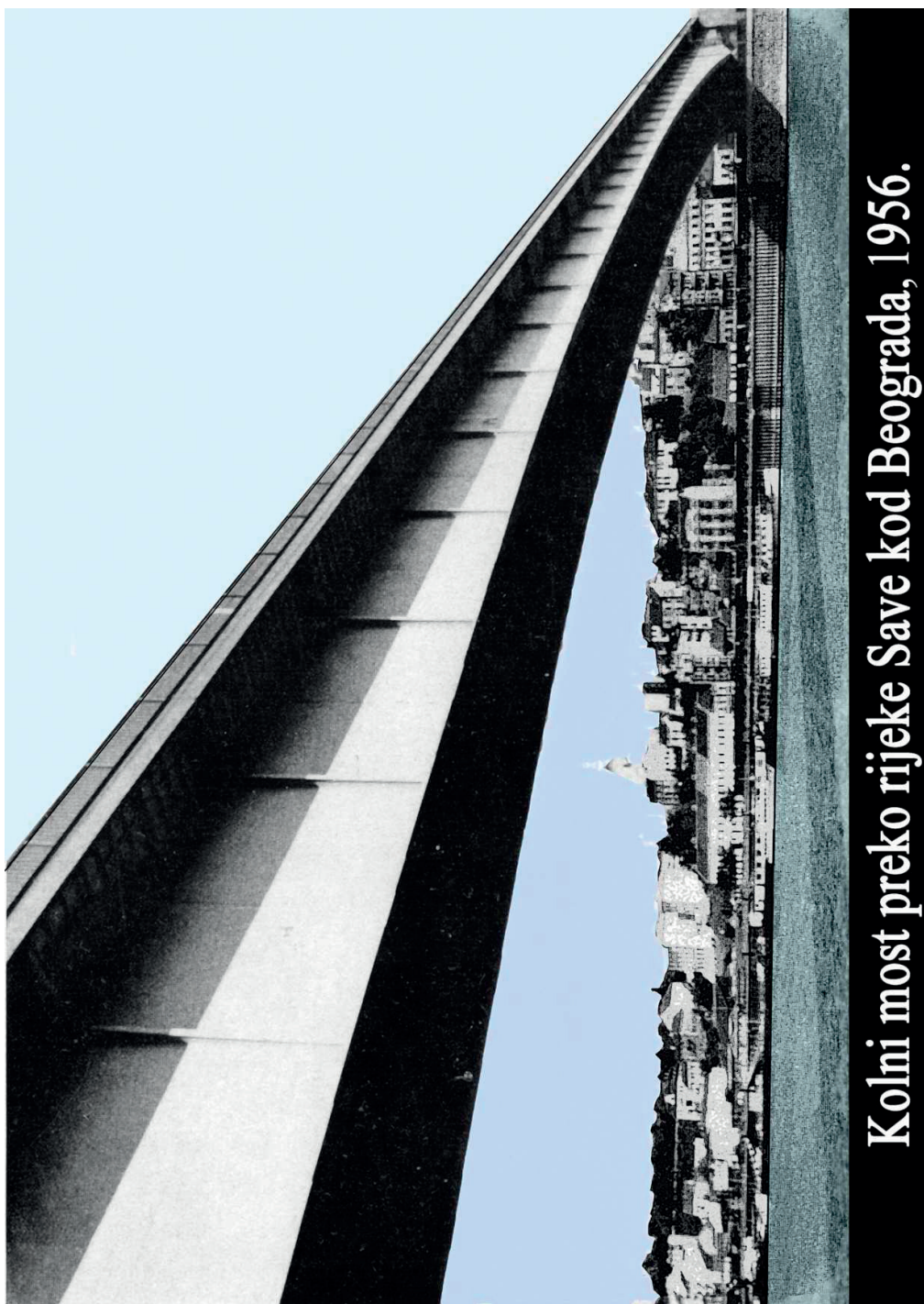
Tablica iz poglavlja 7.9 dodatni uvjeti za primjenu tablice 7.10 Tab 7.9

Tablice za svakodnevnu uporabu *Dodatne tablice*

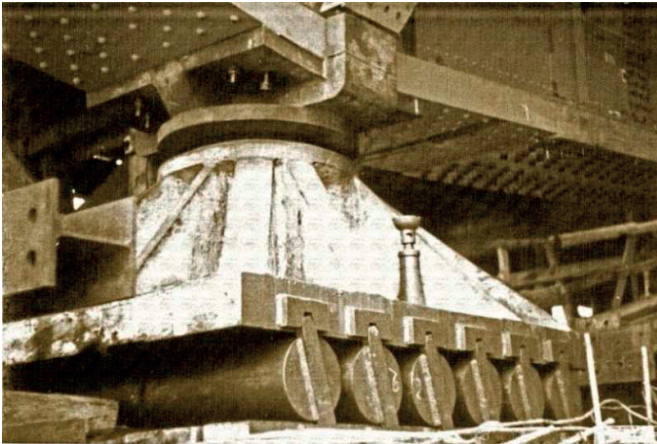
Iz pojedinih poglavlja izuzete su **tablice** koje se mogu primijeniti neovisno od knjige.

Tablice su preuzete iz poglavlja uz manju modifikaciju. Razlog tomu je prepoznatljivost u tekstu.

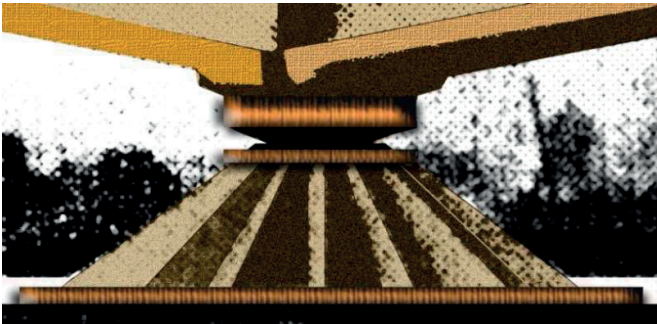
Td-3 i 4 Tablica Tablica iz općeg dijela služi za neposrednu uporabu.
Postavljena na lijevoj ili desnoj strani zaglavlja.



Gradnju mosta izvela su jugoslavenska poduzeća u suradnji s firmom „MAN“ SR Njemačka



Pomični ležaj



Nepomični ležaj

Lokacija

Na istom mjestu gdje je bio viseći „Most kralja Aleksandra“, koji je početkom Drugog svjetskog rata srušen izgrađen je novi most s tri polja. Pri projektiranju novog mosta vodilo se računa da se iskoriste temelji starog mosta. Prilikom projektiranja projektant je imao zadatak uzeti u obzir postojeće temelje visećeg mosta. Korištenjem postojećih temelja i upornjaka starog mosta omogućeno je kreiranje dispozicije.

Konstrukcija

Maksimalni raspon $L=261\text{ m}$. Time je postavljen novi svjetski rekord za gredne mostove.

Nosiva konstrukcija je kontinuirani nosač s $12,0\text{ m}$ širine kolne ploče i dvije pješačke staze, svaka širine po $3,0\text{ m}$.

Poprečni presjek mosta je kutija djelomično otvorena s donje strane. Dva glavna nosača u zakovanoj izvedbi međusobno su povezana u gornjoj zoni s ortotropnom kolnom pločom. Kolna ploča debljine $10\text{ do }25\text{ mm}$ izvedena je zavarivanjem kao ortotropna ploča. Prijem horizontalnih sila u gornjem pojasu preuzima ortotropna ploča, a u donjem pojasu preuzimaju Virendel okviri. Donji pojas izveden je paketom debelih limova koji su međusobno povezani zakovicama. Ukupna debljina paketa na ležaju je 260 mm .

Spoj donjeg pojasa obavljen je preko kutnika s hrptom u zakovanoj izvedbi. Vertikalni i horizontalni nastavci hrpta također su izvedeni u zakovanoj izvedbi. Niveleta mosta oblikovana je u nagibu od $0,25\%$ na krajevima i u tjemenu s nagibom $0,75\%$.

Donja linija nosača je zakrivljena što mostu daje oblikovno dizajnersku sliku, a ujedno je prilagođena momentnoj liniji koja prati statičko ponašanje mosta.

Ležišta

Nepokretni ležaj postavljen je na strani Zemuna. Pokretni ležaj je na strani Beograda. Krajnja ležišta služe kao sidreni (ankeri) vijci za prijem zatežućih sila.

Ovim rješenjem autor je načinio vrlo elegantnu i ekonomičnu konstrukciju.

Projektanti

D. Dragojević, dipl. ing. grad.
„Mostprojekt“ Beograd

Izrada čelične konstrukcije

„Đuro Đaković“ Slavonski Brod,
„Goša“ Smederevska Palanka

Montaža čelične konstrukcije

„Mostogradnja“ Beograd 1956.

Vrijeme gradnje

1953. do 1956.

Dužina mosta

$L=75+261+75\text{ m}$

Visina grede

Na ležaju 9600 mm , u polju 4500 mm .

Materijal

Osnovni elementi čelik St 37,
Težina konstrukcije 2700 tona .

K2 Osnove proračuna

Drugo poglavlje daje osnovna pravila za proračun spojeva. U njemu su definirani parcijalni koeficijenti sigurnosti za različite vrste spojeva.

K2.1 Pretpostavke

Pod tim se podrazumijeva da su materijali koji se koriste kod proračuna spojeva i gradnje odgovarajući prema predviđenim standardima za čelične konstrukcije.

Iz toga slijedi da ukoliko primijenimo odgovarajući materijal i provedemo proračun prema pravilima iz ove norme, nećemo u realizaciji imati problema.

K2.2 Opći zahtjevi

Parcijalni koeficijenti sigurnosti koji se primjenjuju u ovoj normi dani su u tablici 2.1

Ovo su osnovni koeficijenti koji definiraju otpornost elemenata u različitim slučajevima na moment savijanja, poprečnu i uzdužnu silu. Više elementarnih podataka o ovim koeficijentima možemo naći u EN 3-1-1.

- Napomena:
- Prilikom primjene standarda EN 3-1-8, nužno je pri ruci imati i EN 3-1-1. Naime, ta dva standarda su međusobno povezana.

K2.3 Sile i momenti koji djeluju na spojeve

Rješavaju se jednom od metoda koje se primjenjuju za rješavanje elemenata ili sklopova. Danas je to najčešće elektronskim putem. Kod jednostavnijih sistema u određenim slučajevima mogu se primijeniti i prikladne tablice.

K2.4 Otpornost spojeva

EN 3-1-8 od poglavlja 3 - 7 daje upute i kriterije za proračun različitih vrsta spojeva.

K2.5 Proračunske pretpostavke

Pretpostavlja se da je spoj pri statičkoj analizi u ravnoteži s priključnim elementima spoja. U suprotnom, spoj je slaba točka konstruktivnog sklopa.

Kapacitet deformacije spoja, može i ne mora odgovarati kapacitetu deformacije priključnih elemenata.

Pod tim se podrazumijeva da će spoj biti tako krut kao priključni elementi kod samog spoja.

- Napomena:
- Preporučuje se da kapacitet deformacije bude isti ili veći od kapaciteta pojedinih elemenata u spoju.
- U suprotnom, zbog manjeg kapaciteta spoja, deformirati će se cijela konstrukcija a da to nismo ni primijetili.

K2.6 Spojevi opterećeni posmičnim silama, izloženi udaru, vibracijama i/ili povratnom opterećenju

Kod svih konstrukcija koje su dinamički opterećene (izložene udaru ili vibracijama) spojevi trebaju biti tako konstruirani da u konstrukciji nema osnove za inicijalne pukotine i da ne dođe do bilo kakvog popuštanja u spoju.

◆ Vijčani spoj

Da ne bi došlo do popuštanja u vijčanom spoju, preporučuje se primjena upasnih vijaka sa sigurnosnom maticom ili ugradnja HV vijaka s pritezanjem adekvatnim ključem prema uputama iz poglavlja 3.

◆ Vijci sa sigurnosnom podložnom pločicom

Kod dinamičkih konstrukcija matice i podložne pločice trebaju biti konstruirane tako da za vrijeme vibracija neđe do popuštanja matice.

Koji tip sigurnosne pločice, autor projekta odabrat će za zadani spoj.

• Nekoliko primjera:

Visokovrijedni vijci ili HV (vijci za pritezanje klase 8.8 i 10.9)

- Za konstrukcije gdje su prisutne vibracije s visokom frekvencijom, kao što su razna sita, primjenjuju se vijci klase 8.8, 10,9 i rjeđe 12.9.

Injektirani vijci (vijci s kemijskim sidrenjem)

- Tu isključivo dolaze vijci klase 8.8 i 10.9 uronjene u dvokomponentnu masu koja je prethodno upuštena u rupu izvedenu u betonu i rjeđe u punoj opeci.

Drugi vijci koji onemogućuju pomicanje vanjskih dijelova

- To su vijci pod nazivom upasni ili pas vijci, čije je tijelo vijka za 0,1-0,2 mm manje od veličine rupe. Takvi vijci s kontramaticom daju dovoljnu sigurnost da neće doći do popuštanja.
- Primjena je kod mostova, transportera i slično.
- Treba naglasiti da se takvi vijci, kao i rupe posebno obrađuju.

Zakovice

- Zakovica kao element u spoju pri zakivanju popunjava rupu. Osim toga, prilikom hlađenja, zakovica steže spojne elemente i time stvara čvrstu vezu.
- U praksi su se pokazali kao odlično spojno sredstvo naročito kod željezničkih mostova. Iako je to kruti spoj, usljed mogućnosti djelomične plastifikacije, imamo spoj koji je ujedno i prilagodljiv.

• Osnovne osobine zakovica su:

1. dobro popunjavaju rupu (pun poprečni presjek),
2. kod prenošenja sekundarnih naprezanja između elemenata u čvoru su „adaptivne“,
3. zona oko zakovice dobro je zatvorena i time je onemogućen pristup atmosferilija,
4. slaba im je strana što prilikom zakivanja zahtijevaju iskusne djelatnike.

Zavareni spoj

- Svi zavareni spojevi ulaze u skupinu relativno krutih spojeva. U spoju nema popuštanja, osim kada vlačna otpornost u pojedinim segmentima dostigne granicu popuštanja.

K2.7 Ekscentričnost u spoju na križanju priključnih elemenata

Na slici 2.1 EN 3-1-8 prikazan je spoj od tri elementa koji su spojeni vijcima ili zakovicama. Kod manje ekscentričnosti u spoju moment savijanja zanemarujemo.

U svakom slučaju treba provjeriti ne samo priključne elemente već i spojna sredstva koja mogu biti vijčana, zakovana ili zavarena. Pogledati primjere u ostalim poglavljima.

- Preporuka
- Za kutnike \perp 80x80x8 ili veće treba uzeti u obzir utjecaj ekscentričnosti kako na sam kutnik tako i na čvorni lim.