

izvleček

V času razcveta arhitekture grajene v kamnu, kot je antična grška arhitektura, so bili detajli konstrukcije praktično enaki detajlom arhitekture. Danes najdemo več razlik. Pogosto se konstrukcijske detajle zakriva, da ne kvarijo arhitekture. Kadar so konstrukcijski detajli kvalitetno rešeni, tedaj konstrukcijskih detajlov ni potrebno skrivati. V takem primeru kvalitetno izvedeni detajli objektu kot arhitekturni celoti dajo dodatno vrednost, saj je znano, da se vrednost arhitekturne celote meri po lepoti detajlov. V prispevku je predstavljenih nekaj vidikov oblikovanja konstrukcijskih detajlov.

ključne besede:

konstrukcije, detajli, spoji, podpore

abstract

During the times when architecture built in stone blossomed, such as ancient Greek architecture, structural details were practically identical to architectural details. Today there are more differences. Often the structural detail is hidden, not to spoil the architecture. If structural details are well-designed they don't have to be hidden. In such cases well-designed details can give added value to the building as an architectural entity, after all, common knowledge is that value of an architectural entity is measured by the beauty of its details. The article presents several aspects of designing structural details.

key words:

structures, details, joints, supports

Ustrezen detajl ponavadi nastane kot odgovor na cel kup vprašanj, ki jih je potrebno razrešiti, da bi s tem detajl zadostil vsem potrebam dane situacije. Današnji detajli so veliko bolj zahtevni kot nekoč, saj se graditelj srečuje s čedalje več gradivi in funkcionalnimi zahtevami. Veliko različnih gradiv ni glavni problem, večji problem pa so naše zahteve in standardi, ki si jih sami zastavljamo in naj bi bili dosegljivi tudi v najbolj ekstremnih pogojih. Te naše zahteve so tiste, ki poganjajo razvoj novih materialov in povečujejo njihovo številčnost.

Kombiniranje različnih materialov pri enem samem detajlu je danes nuja, saj je potrebno praktično vsakodnevno preverjati ekonomičnost celotnega sklopa uporabljenih materialov nekega detajla. Pri uporabi kombinacije različnih materialov lahko pomanjkanje izkušenj predstavlja velik problem, saj pogosto nastanejo nepričakovane poškodbe nekega detajla oziroma sklopa materialov v primerih, ko materiali kemično ali kako drugače med seboj nepričakovano reagirajo. Tako nastanejo poškodbe, hkrati pa funkcionalnost in trajnost detajla postaneta vprašljiva.

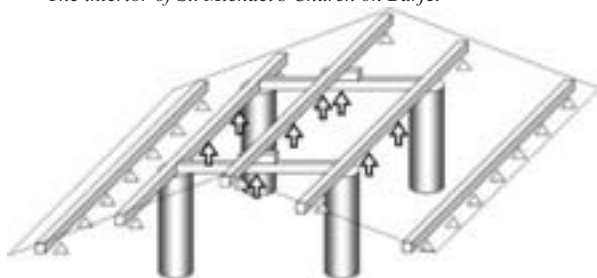
Zato je pogosto smiselno uporabljati preverjene materiale še boj pa je pomembno detajle poenostaviti in detajlu naložiti le tiste funkcije, ki jih nujno mora opraviti. Te poenostavitve lahko nastajajo tako na globalnem kot tudi na lokalnem nivoju. Tako v primeru lesa kot gradiva vemo, da ta ni primeren, da bi ga prosto izpostavljali zunanjim vremenskim vplivom, saj ob kombinaciji močenja in sušenja ter drugih atmosferskih vplivov obsojen na propad, njegova trajnost se drastično zmanjša. Trajnost tako izpostavljenim gradbenim elementom lahko nekoliko podaljšamo z pravilnejšo izbiro lesa ter kemijsko zaščito. Morda izberemo celo mehansko zaščito v obliki oblog, ki jih lahko tudi občasno menjamo npr. zamenljive lesene obloge. Takšen način je sicer poenostavitev na lokalnem nivoju in je tudi poceni rešitev, na globalnem nivoju pa bi lahko več takšnih detajlov preprosto

zavarovali s streho. Tako trajnost lesa bistveno podaljšamo. Reševanje detajlov na globalnem nivoju je v končni fazi boljše, saj v teh primerih iščemo takšno zasnovo objektov, pri kateri se večina detajlov poenostavi že s samo izbiro zasnove, s tem pa se pogosto vnaprej izbere osnovne materiale in oblikovalski stil.

Pogosto konstrukcijske detajle oplašimo. Včasih z dodanimi oblogami dodajamo dodatne povsem funkcionalne plasti, včasih pa obloge uporabljamo zato, da sami konstrukcijski detajli ne kvarijo arhitekture. Kadar so konstrukcijski detajli kvalitetno rešeni, tedaj konstrukcijskih detajlov ni potrebno skrivati. V takem primeru kvalitetno izvedeni detajli objektu kot arhitekturni celoti dajo dodatno vrednost. Redkeje najdemo primere, ko s posameznimi detajli popravljamo konstrukcijske napake ali pa to počnemo tudi v večjem obsegu tako doma kot tudi na tujem. V novi zgradbi berlinske fakultete za arhitekturo so naknadno po izgradnji ugotovili, da so armiranobetonski stebri v avli preveč vitki in so jih sanirali z ovojem jeklene šivne cevi. Podoben primer zasledimo tudi v cerkvi sv. Mihaela na barju, ki sodi v arhitekturno zapuščino arhitekta Plečnika. Pri statični analizi konstrukcije te cerkve, ki smo jo pred leti opravili, se je izkazalo, da so leseni stebri preveč vitki, da bi prenašali celotno obtežbo t.j. lastno težo in koristno obtežbo strehe. Tudi pogled na detajl podstavka stebra, kjer so uporabili drugačno tršo vrsto lesa, je dajal vtis, da tako imenovani "dekorativni stebri" kot je zaslediti zapis v vodiču Plečnikove Ljubljane, ki so umeščeni med primarne stebre iz betonskih cevi, niso le dekorativni ampak so del konstrukcije.



Slika 1: Notranjost cerkve sv. Mihaela na Barju.
The interior of St. Michael's Church on Barje.

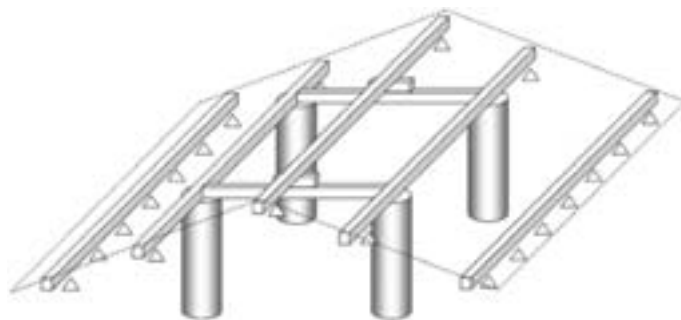


Slika 2: Podporni sistem strešne konstrukcije cerkve sv. Mihaela na Barju.
The support system of the roof structure of St. Michael's Church.

Kasneje se je s poizkusnim vrtnjem ugotovilo, da se znotraj škatlastega mizarsko izdelanega lesenega stebra nahaja še nosilno jedro iz masivnega lesa, kar je dodatno podprlo teoretično domnevo. Dokončno potrditev pa smo zasledili v arhitekturnem muzeju, kjer so shranjeni nekateri Plečnikovi načrti. Tam smo odkrili originalen načrt cerkve, ki ima povsem jasno naknadno s prosto roko in z drugačnim pisalom označen položaj lesenih stebrov. Na podlagi pregleda arhivskih dokumentov lahko trdimo, da so obstoječi "dekorativni stebri" v bistvu del rekonstrukcije, ki se je naknadno morala izvesti, da se strešna konstrukcija ob dodatni obtežbi s snegom ne bi porušila. Tako je Plečnik z ustreznim detajlom spretno prekril naknaden neljub konstrukcijski poseg. Seveda pa si lahko vseeno predstavljamo kakšna bi bila podoba notranjosti cerkve brez lesenih stebrov, kot je prikazana na fotomontaži.



Slika 3: Fotomontaža notranjosti cerkve sv. Mihaela na Barju brez lesenih stebrov.
Photo-montage of the interior of St. Michael's Church on Barje, without the wooden columns.



Slika 4: Podporni sistem strešne konstrukcije cerkve sv. Mihaela na Barju brez lesenih stebrov.
The support system of the roof structure of St. Michael's Church on Barje, without the wooden columns.

Izbira pravilnega detajla konstrukcije

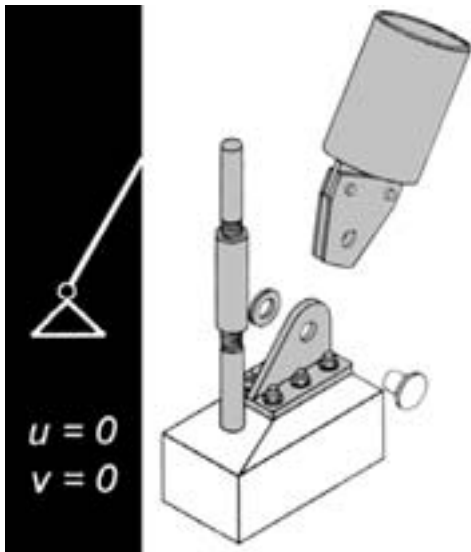
V začetnih fazah projektiranja ponavadi iščemo le bistvene dimenzije konstruktivnih elementov in pogosto še ne razmišljamo o konkretnih detajlih, ki jih rešujemo šele potem, ko so znane obremenitve t.j. sile in momenti, ki delujejo na posameznih mestih konstrukcije. Dejstvo je, da za posamezne podpore ali pa stičišča konstrukcijskih elementov konstruktor v naprej predpostavi le tip. Tako se lahko predpostavi podpore kot na primer vrtljiva in pomična v horizontalni ter vertikalni smeri, vrtljiva nepomična, togo vpeta podpora, nezasučna a vertikalno pomična podpora in še mnoge druge, ki so v bistvu prostorska kombinacija le teh.



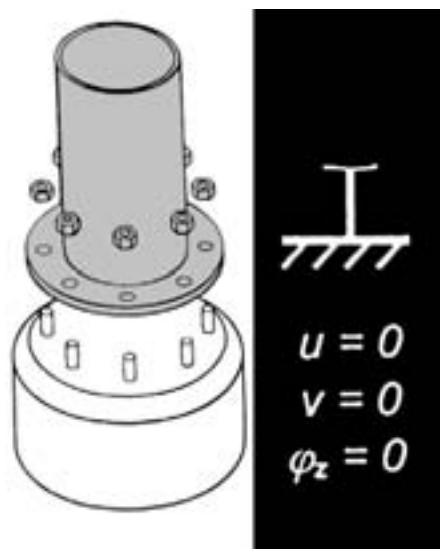
Slika 5: Shematski prikaz najpogosteje uporabljenih tipov podpor ravninskih konstrukcij.
Schematic representation of the most often used types of supports in planar structures.

Pri izvedbi konstrukcijskega detajla moramo paziti, da izvedeni detajli v čim večji meri zadostijo predpostavljenim značilnostim teoretično izbranega detajla. To pomeni, da mora detajl ob izvedbi funkcionirati natančno tako kot je bilo predpostavljeno pri zasnovi statičnega modela. V primeru vrtljive podpore (Slika 6) mora priti do vrtenja priključenega konstrukcijskega elementa brez motnje, ki bi povzročala upogibno obremenitev bodisi v podpori ali v priključnem elementu. Pri togo vpetih elementih pa morajo biti zasuki zares preprečeni, da bi se upogibni momenti v polni meri prenesli v podpore. Seveda, če bi opravili natančne meritve, bi se izkazalo, da pri vsaki od izbranih skrajnosti obstaja manjša inženirsko zanemarljiva napaka. Togi stiki niso popolnoma togi, gibki pa ne popolnoma gibki oziroma podajni. Dejstvo je, da pri členkastih spojih trenjske sile niso popolnoma enake nič, prav tako pa so načeloma togi spoji pogosto deloma elastično vpeti kot npr. vijačeni spoji.

Pri paličjih in drugih podobnih konstrukcijah, kjer so zasuki elementov majhni, lahko zanemarimo vpliv vpetja, posebno tedaj, ko uporabljamo vitke t.j. podajne elemente. Vitke elemente ponavadi uporabljamo le pri nateznih obremenitvah. Takšni elementi zaradi majhne upogibne togosti nase prevzamejo zelo majhen delež vpetostnih momentov. Tako za nekatere količine že ob sami zasnovi konstruktor ve, da so praktično enake nič oziroma da jih inženirsko gledano ni. Za poznavanje vrednosti



Slika 6: Detajl sidranja konstrukcije v primeru nepomične vrtljive podpore; varianta z vitko natezno palico in varianta s členkom.
Detail of anchoring in the case of an immobile rotating support; variety with a slim cable stay and hinge.



Slika 7: Detajl sidranja konstrukcije v primeru togo vpete podpore.
Detail of anchoring in the case of a rigid fixed support.

notranjih statičnih količin t.j. sil in momentov različnih od nič pa je nujno potreben statični izračun, s pomočjo katerega se dokončno oblikujejo konstrukcijski detajli.

Ob snovanju pravilne zasnove konstrukcije imajo pomembno vlogo tako pomiki kot tudi zasuki. V primerih, ko so maksimalne deformacije konstrukcije omejene, je potrebno izdelati takšno konstrukcijo, da bo zmogla izpolniti vse zahteve tako, da se vgrajeni elementi med uporabo objekta ne poškodujejo. Z ustreznim detajlom spoja dveh elementov ali pa dveh delov konstrukcije lahko celotno kompozicijo obremenimo ali pa razbremenimo odvisno od potreb. V glavni meri pa je za ustrezno izbrani detajl potrebno vedeti kateri tipi konstrukcij so med seboj združljivi in kateri ne, saj nekatere kombinacije enostavno niso kompatibilne v pomikih in zasukih. Tako so na primer vijáčene konstrukcije podajnejše od varjenih, enako kot so okvirne konstrukcije bistveno bolj podajne od okvirnih z diagonalnim zavetrovanjem ali pa od stenastih konstrukcij. Dejstvo je, da je

detajl vijáčenja izdelan tako, da je možna montaža zato je premer vrtine večji od premera vijaka. Tako pri strižno obremenjenih vijakih na spojih pride do dodatnih deformacij na račun zamika vijaka znotraj vrtine.

Če arhitekt zahteva, da zavetrovanja iz sten ali pa diagonal znotraj okvirja ni mogoče uporabiti, potem to spremeni celoten koncept zgradbe, ki se odraža kot okvirna podajna konstrukcija. Dejstvo je, da morajo posamezni sestavni deli objekta biti med seboj kompatibilni v pomikih in če je le mogoče kompatibilni tudi v izbranem materialu oziroma gradivu. Kombinacija stenasto zasnovanih in okvirno zasnovanih delov objekta je prepovedana tudi po EC8 (evropski standard, ki obravnava tematiko seizmično varne gradnje). Če temu ni mogoče ustreči, je potrebno dele objektov konstrukcijsko ločiti oziroma dilatirati.

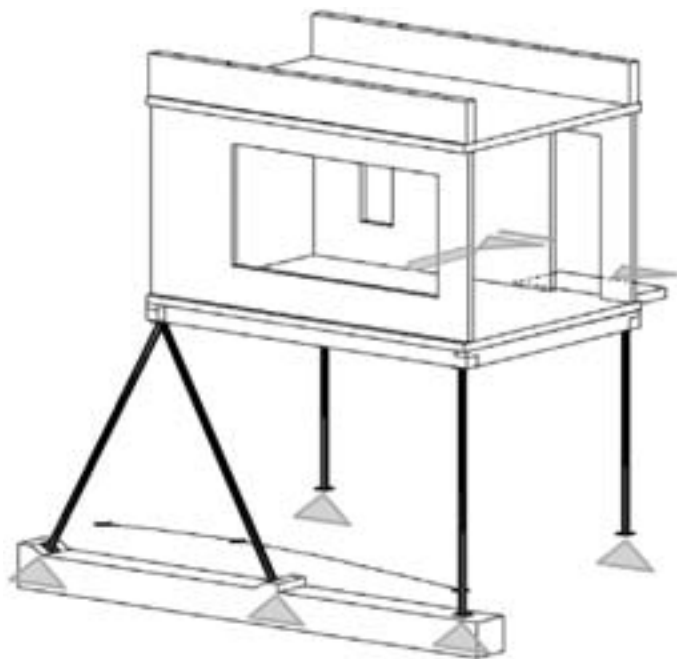
Prizidki k obstoječim objektom so posebej občutljivi posegi, tam nastajajo predvsem problemi v zvezi z dodatnimi posedki. Pogosto se konsolidacija terena vrši počasneje od izgradnje, kar je odvisno tako od zemljine, tehnologije gradnje kot tudi od konstrukcijske zasnove prizidka. Dodatni posedki pri že izgrajenem prizidku običajno terjajo poškodbe na stiku novega in starega dela objekta. Pri prizidkih grajenih na dobrih zelo togih oziroma malo stisljivih tleh načeloma niso zahtevni. V primerih srednje in bolj stisljivih podlagah pa se je potrebno odločiti ali temeljiti predimenzionirano in zmanjšati posedke na minimum, ki je še sprejemljiv ali pa konstrukcijo prizidka povsem ločiti t.j. dilatirati.

Poleg zelo pomembnih posedkov so izjemno pomembni še horizontalni pomiki, ki nastanejo bodisi zaradi horizontalne obremenitev zaradi vpliva potresa ali vetra. V primeru horizontalnih obremenitev je prav tako pomembna kompatibilnost pomikov novega in starega dela. V takih primerih imajo pravilno rešena zasnova in detajli zelo pomembno vlogo. Kadar želimo izdelati prizidek konstrukcijsko povezano z obstoječim objektom moramo tako rekoč v vseh pogledih zagotavljati kompatibilnost deformacij. Konstrukcijska zasnova je v teh primerih izjemno pomembna.

Vpliv zasnove konstrukcije, izbranih materialov in detajlov na ekonomičnost gradnje

Ekonomičnost gradnje je zelo pomembna, saj lahko po eni strani gradimo bolj varčno in več ali pa bolj varno in trajno. Skratka, če lahko kje prihranimo, lahko drugje na ta račun več investiramo.

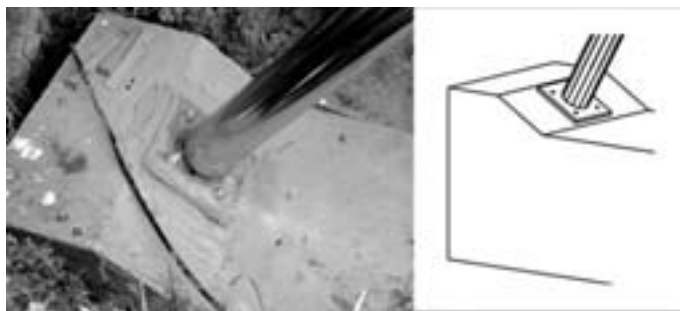
Na primeru prizidka oziroma pritikline, ki jo je želel investitor zgraditi k obstoječi zidani stanovanjski hiši si oglejmo rezultate analiz. Potrebno je bilo najti takšno konstrukcijsko zasnovo, ki bi bila v vseh pogledih učinkovita in bi omogočala namestitve bivalnega prostora v nadstropje. Pri takšni prostorski umestitvi, ki je omogočala povezovanje novega in starega dela prek obstoječega balkona, naj bi bil podporni sistem prizidka čim manj moteč in z minimalnimi gradbenimi posegi v že obstoječ objekt. Na razpolago sta bili dve varianti, narediti klasično okvirno konstrukcijo ali modificirano konstrukcijo s poševnimi stebri ekvivalentno okvirjem z zavetrovalnimi diagonalami. Analiza je pokazala, da zaradi kompatibilnosti horizontalnih pomikov med obstoječo zidano in novo konstrukcijo, za enak pomik pri klasičnem okvirju potrebujemo desetkrat več jekla kot v primeru poševnih stebrov predlaganih s strani konstruktorja. Zaradi izjemno ekonomične izbrane zasnove s poševnimi stebri smo si lahko privoščili inox podporno konstrukcijo, ki je bila z vsemi priključnimi elementi (distančniki, čelne in sidrne plošče) še vedno dva in pol krat cenejša od klasične jeklene okvirne konstrukcije. Stebri, ki so v konstrukciji vezani tako kot palice v



Slika 8: Konstrukcijska zasnova inox podpornega sistema s poševnimi stebri.
Structural concept of an inox support system with slanting supports.

paličju, so obremenjeni le s tlačno ali natezno silo. Če zanemarimo majhno lastno težo tankostenskih cevi $d/t = 101.6/2.9$ mm, so upogibni momenti v teh stebrih praktično enaki nič. Rezultat takšne zasnove je izjemna ekonomičnost konstrukcije z minimalnimi dimenzijami konstrukcijskih elementov, enako kot pri Hi-Teh arhitekturi.

Izbira ustrezne konstrukcijske zasnove in inox podporne konstrukcije je izjemno poenostavila tudi posamezne detajle spojev. Pri klasični varianti okvirja, bi imeli težave s toplotnimi mostovi in protikorozijsko zaščito v kontaktu z zemljinjo, pri zasnovi poševnih inox stebrov z leseno nadgradnjo po sistemu "Riko hiše", pa so bile vse težave avtomatsko odpravljene. Na stiku inox-les toplotnih mostov ni, saj je les tako konstrukcijsko nosilen kot tudi toplotno izolativen material. Postavitev inox stebrov na pasovni temelj zakopan v teren je tako korozijsko neproblematičen, prav tako ni težav povezanih z vlago, trohnenjem in zmrzovanjem. Beton pasovnega temelja je vseboval dodatek za večjo odpornost na zmrzovanje in dodatek za vodotesnost. Sidranje in fino naleganje čelne plošče se je izvedlo z naknadnim lepljenjem z epoksi lepilom Sikadur-31. Vrh pasovnega temelja je nameščen cca. 40 cm pod nivojem travnate ruše. Celotna sestava ni bilo potrebno hidro izolirati,



Slika 9: Izjemno preprost detajl sidranja inox stebra v armiranobetonski pasovni temelj.
A very simple detail of anchoring an inox column into a reinforced concrete slab foundation.



Slika 10: Vpliv izbranih materialov in ekonomične zasnove konstrukcije na tip oblikovanja.
Effect of selected materials and economic structural concept on the design type.

ker so vsi uporabljeni materiali odporni na vodo in mraz, hkrati pa je trajnost detajla povečana z ustrezno zaščitno debelo plastjo zemljinje, saj tolikšno globino zmrzal zelo redko doseže.

Zaradi poševne betonske podlage, pravokotne na smer vzdolžne osi stebra sidra, nimajo strižnih obremenitev. Prav tako zaradi ustrezne kombinacije lahke lesene nadgradnje in nagiba stebrov se v stebrih pojavi predvsem le tlačna sila, pri potresni obremenitvi pa izjemno majhna natezna sila, kar je zahtevalo le minimalno sidranje s čelno ploščo brez ojačilnih reber. Ker je bila zaradi lesene nadgradnje potrebna izjemna natančnost montaže stebrov (višinske razlike pod 1 mm), smo uporabili sidra z dodatno matico, nameščeno pod čelno pločevino, s katero smo fino regulirali višino stebra. Dejstvo je, da na celotno arhitekturno podobo objekta vplivajo tako zasnova konstrukcije, izbrani materiali, ekonomičnost in tehnologija izvedbe vključno z vsemi detajli.

Vpliv fizikalnih karakteristik materialov na oblikovanje detajla

Poznavanje fizikalnih karakteristik elementov, ki tvorijo detajl, je ključno. Če obravnavamo le ožji konstrukcijsko pomembnejši del, npr. mehanske karakteristike materialov, potem lahko ugotovimo kako močno le te vplivajo na oblikovanje detajlov. Lep primer je les, ki ima naslednje specifične mehanske karakteristike.

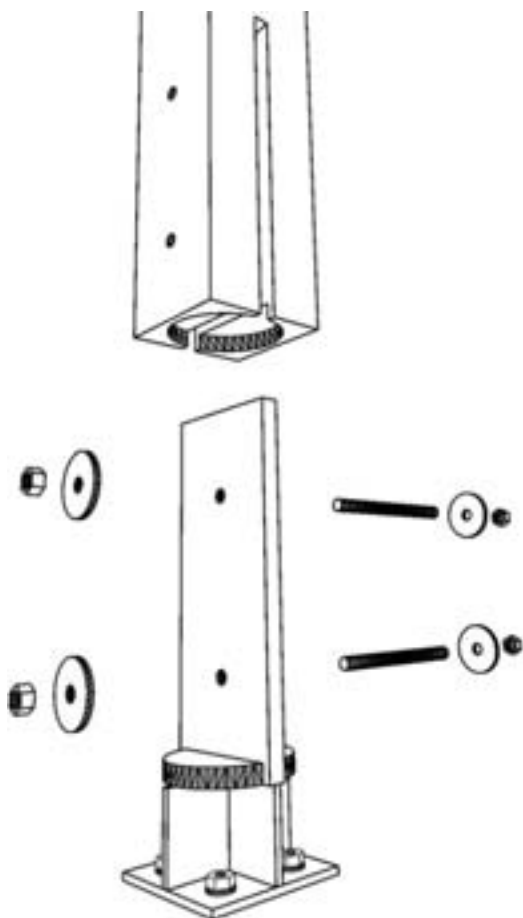
Nosilnost čelne površine lesenega stebra (obremenitev v smeri vlaken) je na kontaktu s prečno nameščeno lego (radialni tlak oz. tlak bočno na vlakna) lahko tudi do petkrat večja. Zato so stebri pogosto enostavno predimenzionirani oziroma dimenzionirani na kontaktne napetosti šibkejšega stičnega elementa t.j. bočnega pritiska na lego. Z ustreznim oblikovanjem

Dopustne napetosti in elastični modul za les v (kN/cm ²)							
Vrsta dopustnih napetosti	Mehek les	Mehek les			Hrast, Bukev		
		Oznaka	I.ktg.	II.ktg.	III.ktg.	I.ktg.	II.ktg.
Nateg v osi	σ_{nDop}	0.95	0.80	0.30	1.15	0.95	0.40
Tlak v osi	σ_{tDop}	1.00	0.90	0.65	1.20	1.00	0.80
Upogib	σ_{uDop}	1.15	1.00	0.75	1.40	1.20	0.90
Strig v smeri vlaken	$\tau_{II DOp}$	0.12	0.10	0.08	0.15	0.12	0.10
Strig \perp na vlakna	$\tau_{\perp DOp}$	0.35	0.30	0.25	0.40	0.35	0.30
Radialni tlak	$\sigma_{\perp DOp}$	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30
Tlak pod kotom	$\sigma_{\angle DOp} = \sigma_{tDop} - (\sigma_{tDop} - \sigma_{\perp DOp}) \sin(\alpha)$						
Elastični modul glede na vlakna							
Oznaka	Mehek les	Mehek les			Hrast, Bukev		
Paralelno	E_{II}	1000			1250		
Pravokotno	E_{\perp}	300			500		

Slika 11: Dopustne napetosti lesa konstrukcij.
 Permitted tensions in timber structures.

detajla pa se je temu mogoče izogniti. Pri lesenih stebrih, ki nalegajo na čvrstješe podlage (kovina, beton, kamen) je njihova dimenzija prereza določena z vitkostjo torej z dimenzioniranjem na tlak z nevarnostjo uklona.

Na konkretnem primeru detajlov uporabljenih pri konstrukciji Spominske kapele pod Krenom v Kočevskem Rogu lahko predstavimo nekaj pomembnih zahtev, ki morajo biti izpolnjene pri konstrukciji detajla. Detajl pritrditve lesenega stebra je pri tleh



Slika 12: Shema detajla pritrditve lesenega stebra spodaj (les - jeklo).
 Scheme of the detail for fastening a timber column at the bottom (timber - steel).

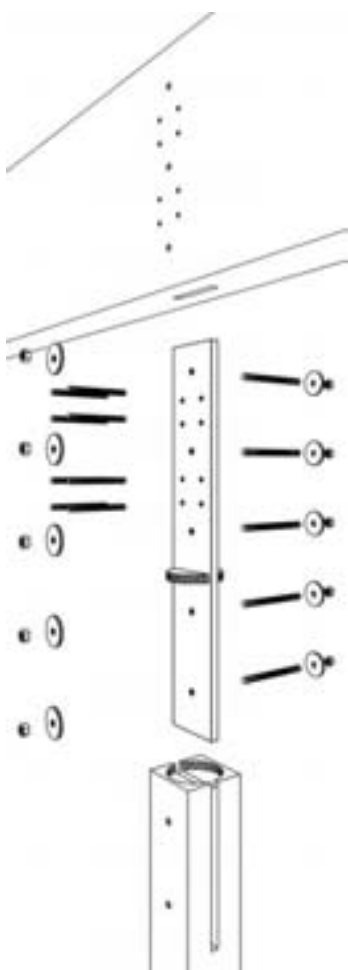
potrebno vedno izvesti tako, da je les na suhem, dvignjen od tal. Glede na to, da gre za vitek steber in je sila glede na prerez stebra kar precejšnja, je bil izbran detajl pritrditve na jekleno čelno nameščeno krožno ploščo. Krožna površina je dovolj velika, da se celotna sila prenaša prek te kontaktne površine pri tem vijaki ostajajo neobremenjeni. Krožna plošča je utopljena v les, da se ustvari odkapnik, ki preprečuje zastajanje vode na čelni krožni plošči. Lesen steber je zasukan tako, da vertikalna zareza ni direktno izpostavljena na fasadi ampak deloma zaščitena s tem pa se še zmanjša možnost dostopa meteorne vode v kontaktno površino med lesom in jeklom. Krožna oblika plošče je izbrana zaradi enostavne strojne obdelave lesa in je izjemno kvalitetno podprta s križnim podstavkom, ki omogoča ustrezno stabilnost spoja.



Slika 13: Detajl pritrditve lesenega stebra spodaj (les - jeklo).
 Detail for fastening a timber column at the bottom (timber - steel).

Drugi primer je detajl spoja stebra in lege, ki se izvede s pomočjo jeklenega čevlja, skritega znotraj stičnih elementov (Slika 14). Pri oblikovanju konstrukcijskega detajla smo želeli oblikovati vizualno enak detajl nad vsemi stebri, tako robnimi manj obremenjenimi kot tudi vmesnimi, obremenjenimi z veliko tlačno silo. Hkrati pa, da bi se izognili širjenju lege ali pa povečevanju prereza stebra, smo izbrali prenos sile reakcije lege na steber prek jeklenega čevlja. Tako čevljev prevzema obtežbo lege prek moznikov in vijakov in jo nalaga na lesen steber prek kontaktne utopljene krožne čelne ploščevine.

Konstruktivski detajli so lahko vidni ali pa prekriti z oblogami. Iz detajlov posebej vidnih se lahko veliko naučimo, če seveda detajl poskušamo razumeti in ga v bistvu prečitati. Razumevanje problemov, poznavanje materialov in tehnologij pa je ključno za uspešen detajl, ki mora delovati v vseh pogledih. Na oblikovanje detajlov vplivajo tudi zasnova konstrukcije in ekonomičnost izvedbe. Posebno dobri so preprosti detajli. Le takšni konstruktivski detajli, ki so kvalitetno rešeni, dajejo zgradbi kot celoti arhitekturno vrednoto. Zato pri oblikovanju stavb ni nujno potrebno ustvarjati le zunanjskega občutka oblike, ampak je potrebno izdelati tudi detajle v vsej svoji popolnosti, saj se vrednost arhitekturne celote meri po lepoti detajlov in končno tudi po trajnosti.



Slika 14: Shema detajla pritrditve lege na lesen steber (les - jeklo - les).
Scheme of the detail for fastening a beam on a timber column (timber - steel - timber).



Slika 15: Detajl pritrditve lege na lesen steber (les - jeklo - les).
Scheme of the detail for fastening a beam on a timber column (timber - steel - timber).

Viri in literatura

- Bhatt P., 1999, Structures, Addison Wesley Longman Limited, London
 Kušar J., Wallner E., Bratovič M., Slivnik L., Križaj E., 2003, Priročnik, Univerza v Ljubljani, FA, Ljubljana
 Natterer J., Herzog T., Volz M., 1991, Holzbau Atlas, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München
 Wallner E., Kušar J., 2003, Spominska kapela v Kočevskem Rogu, Zbornik 25. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, Rogaška Slatina
 Wallner E., Kušar J., Slivnik L., 1997, Analiza nosilne konstrukcije Plečnikove cerkve na Barju, Zbornik 19. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled

asist mag Edo Wallner
 Univerza v Ljubljani
 Fakulteta za arhitekturo
 edo.wallner@arh.uni-lj.si