

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Металне конструкције

Број индекса: 130/2016

Стеван Д. Марић

**Пројектовање носеће конструкције
конзолне дизалице
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др Весна Марјановић - ментор

2. _____

Датум одбране: _____

3. _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да опише врсте конструкција у машиноградњи са посебним освртом на дизаличне уређаје и конструисање веза носећих елемената. Треба и да се да прорачун и конструкција једне везе под углом на примеру конзолне дизалице на класичан начин и изврши провера помоћу софтверског пакета ROBOT structural analysis.

Препоручена литература :

[1] Острић Д, Дизалице, Машински факултет у Београду, Београд 1992.

[2] Петковић З., Острић Д., Металне конструкције у машиноградњи 1, Институт за механизацију Машинског факултета у Београду, Београд 1996.

[3] Марковић З., Гранична стања челичних конструкција према Еврокоду, Академска мисао, Београд 2014.

Крагујевац, датум

Ментор:

Проф. Др Весна Марјановић

Садржај

1. Увод.....	2
2. Типови веза у металним конструкцијама.....	4
2.1 Закивци.....	5
2.2 Завртњеви.....	8
2.3 Спајање елемената поступком лепљења.....	11
2.4 Спајање елемената чеповима.....	13
2.5 Веза остварена заваривањем.....	16
3. Везе под углом.....	21
4. Типови и начини конструисања дизалица.....	24
Закључак.....	41
Литература.....	42

Резиме

Овај завршни рад прво даје преглед употребе металних конструкција у машиноградњи са посебним освртом на уређаје за подизање и премештање терета – дизалице. Приказан је детаљан пример пројектовања, прорачуна и конструисања везе стуба и конзолног носача једне конзолне дизалице. Ово је урађено на класичан начин а затим проверено у софтверском пакету ROBOT structural analysis. Овај пакет је подешен да користи најновије Еврокодове препоруке при раду. На крају је дат и детаљан извештај о тој провери која је показала да је конструкција у датом облику задовољила спре провераване параметре.

Кључне речи: конструкција, дизалица, анализа.

1. Увод

Употреба гвожђа, има дугу историју док је челик релативно скоро почео да се употребљава у индустрији и грађевинарству. Прве конструкције су настале пре око два века. Данашње садрже основне – носеће делове од челика док се остали у великој мери замењују лакшим и економичнијим материјалом. Све већу улогу има алуминијум као конструктивни материјал. Због својих механичких особина које челик поседује, има веома велику улогу у машиноградњи али и при изradi грађевинских машина и грађевинских конструкција. У ове конструкције се убрајају кранови, мостне и конзолне дизалице, покретне траке, конвејери, роторни и обични багери али и спортске и индустријске хале, хангари, гараже, мостови, водоторњеви, силоси, резервоари и још много друге конструкције за специјалне намене, [3] .

Појам металне конструкције потиче из грађевинарства. Разликују се врсте конструкција као што су бетонске, металне, спрегнуте и дрвене. Често су називане и челичне конструкције. У машинству је значајно пројектовање носећих конструкција као што су кранови, мосне дизалице, багери, транспортери, бункери и још много носећих конструкција.

Металне конструкције имају велике могућности као што су премошћавање великих распона, брзо и једноставно монтирање, малих димензија и елегантног облика, израда не зависи од атмосферских услова, лако поправљање конструкције, лако појачавање и отклањање материјала, не губе своју вредност, нису запаљиви, трајност конструкције јако велика.

Ове конструкције не захтевају посебну врсту машинске обраде. Једине обраде које захтевају ове конструкције су обрада на местима заваривања, бушење отвора на местима завртњева и закивака и сечење и савијање елемената.

Поделу металних конструкција можемо извршити на решеткасте и лимене конструкције. Одабир типа конструкције зависи од примене, врсте оптерећења, атмосферским улова и много других фактора. Особине које одликују решеткасту конструкцију јесу ретко јављање сложеног напонског стања, лакше су од других конструкција, изложене су углавном аксијалном оптерећењу, састављене су од стандардних елемената, јефтиније су од других конструкција. Лимене конструкције су најчешће оптерећене на савијање, састављене су од плочастог материјала, примењују се за велике распоне, користе се код мостних и конзолних дизалица и мостова

Пројекат конструкције мора пре свега да одговара намени, димензије правилно одабране, усвојене технолошке процесе за реализацију конструкције, изглед конструкције је јако важан, избор материјала мора бити доступан на тржишту. Пројекат мора обезбедити правилно посматрање и премазивање делова конструкција.

Намена менталне конструкције јесте да пренесе оптерећење. Прорачун којим се доказује да конструкција задовољава потребна оптерећења мора поседовати основне доказе. У основне доказе убрајамо доказ напона, еластичности материјала, деформације, динамичке стабилности, сигурности против превртања, сигурности веза.

Најчешће коришћени елементи за израду конструкција су траке и пуни профили, лимови и профилисани носачи, сложени профили и хладно обликовани профили. Њихово спајање се врши заваривањем, закивцима и завртњевима.

Конструкција поред предности има и недостатке попут одржавања и заштите од корозије. Такође делови конструкције се деформишу услед великих температура.

Металне конструкције имају велики удео у грађевинарству. У грађевинарству највећи напредак је остварен мостовима. Средином двадесетог века направљени су највећи подухвати изградњом мостова помоћу металне конструкције. Овакви мостови су достизали довољно ширину коловоза, велики распон и висину стубова. И данас ови мостови се убрајају у рекордне по свом распону.

Између осталог, металне конструкције су нашле примену и код дизалица. Оне служе за подизање и премештање терета са једног места на друго. Прве дизалице су коришћене за прављење пирамида, а касније као лучке и грађевинске дизалице. Неке карактеристичне су грађевински кранови, мостне дизалице, конзолне дизалица, лучке дизалице, камионске итд.

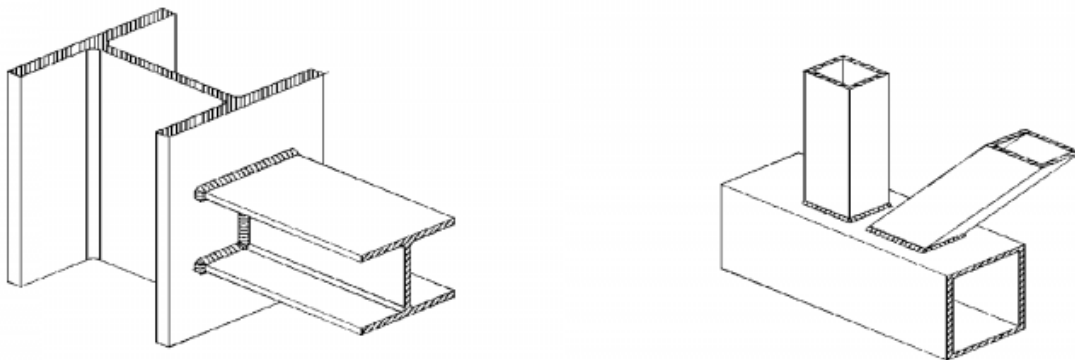
Дизалице према врсти погона можемо поделити на дизалице са електромотором и дизалице са СУС - мотором. Погон може бити централни или одвојен.

2. Типови веза у металним конструкцијама

Циљ сваке конструкције јесте да пренесе оптерећење. Конструкцијски систем неког објекта може бити сачињен од различитих веза, зависно од положаја елемената. Код металних конструкција, систем није монолитан већ је сачињен од више делова различитих димензија. Ови делови се у радионици обрађују, а уграђују се на градилишту. Под овом изградњом још се убраја и транспорт елемената, [3].

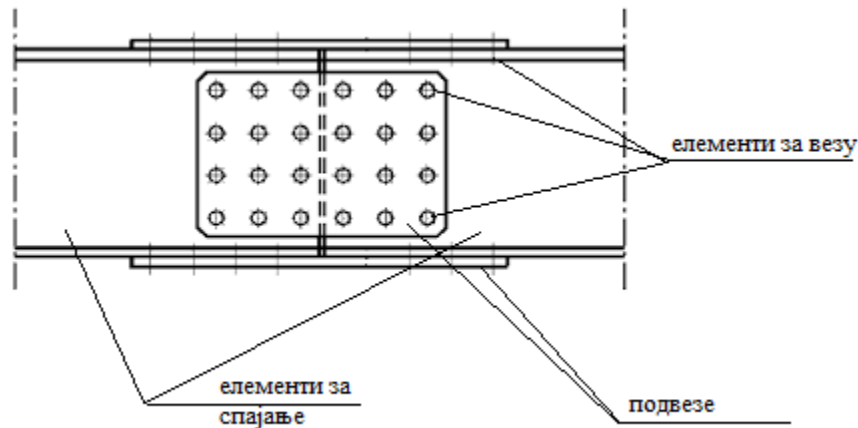
Код оваквих слућајева обраде примењује се низ поступака и операција неопходних за израду елемената, као и спајање и међусобно повезивање. Димензије елемената често прелазе стандардне дужине елемената, па се зато јавља потреба за оваквим видовима спајања. Повезивање елемената мође бити остварено помоћу механичких спојних средстава и технолошким поступцима. У механичке поступке најчешће спадају закивци, завртњеви и чепови. Заваривање и лепљење спадају технолошке поступке.

Зависно од места извођења разликујемо две врсте наставка, радионичке и монтажне. Радионички наставци се изводе у радионици. У радионици се врши међусобно спајање елемената и формирају се полусклопови и склопови. Габарити склопова морају бити мањи од предвиђеног транспортног средства. Радионички наставци се најчешће обрађују заваривањем.



Слика 1. Радионички наставци , [1]

Монтажни наставци се изводе на градилишту. Уз помоћ њих повезују се радионички сегменти тако да стварају јединствену целину. Зависно од услова у којима се налазе, квалитета челика, габаритних елемената склопа монтажни наставци се израђују уз помоћ завртњева и закивака. Врло ретко се изводи уз помоћ заваривања због брзине извођења наставка. Монтажни наставци заваривањем се обично израђују код статички оптерећених конструкција.



Слика 2. Монтажни наставак , [3]

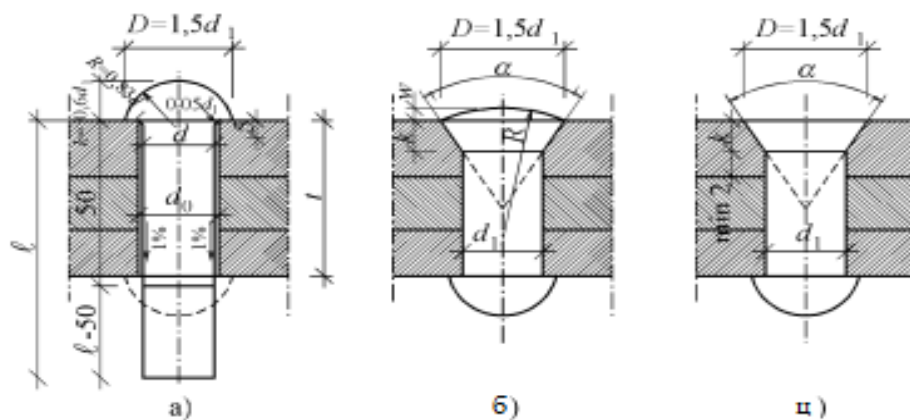
2.1 Закивци

Закивци као спојно средство примењивани су тридесетих година деветнаестог века. Они и данас има изузетно велику примену јер су се показали као сигурно и ефикасно средство за спајање , [3] .

Овакав тип спајања елемената се понаша јако добро јер равномерно преноси оптерећење како при статичком тако и при динамичком оптерећењу. Закивци испуњавају рупу целим материјалом и тако преносе силу дуж везе. Оваква веза испуњена материјалом омогућава мало проклизавање и деформабилност елемената у конструкцији. Закивци су стандардизовани.

Закивак се састоји од цилиндричног облика тела и главе закивка. Према облику главе закивке можемо поделити на:

- закивке са полукружном главом (а)
- закивк са полуупуштеном главом (б)
- закивке са упуштеном главом (ц) .



Слика 3. Врсте закивка , [3]

Закивци се израђују машинским путем округлог челика. Затезна чврстоћа се налази у опсегу од 300 до 550 МПа. Најчешће се користе закивци за полукружном главом. Закивци се уграђују у претходно избушене отворе. Отвор за закивак је за један милиметар већег пречника. Закивак се загрева до температуре која је погодна за ковање, затим се поставља преса која притиска главу и врат где се прво испуњава отвор а затим обликује друга глава.

Пречник закивка се бира по препоруци. Пречник зависи од дебљине елемената који се спајају да не би дошло до кривљења усијаног врата при притискању закивка.

Ради лакше и прецизније прегледности цртежа, закивци се означавају посебним ознакама. Ове ознаке су стандардизоване.

Табела 1. Стандардизоване ознаке закивака, [3]

Prečnik d_0	11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	34
Oznaka	+	●									
Dopunske oznake zakivaka				a) 	b) 			c) 	d) 		

Поред стандардних ознака постоје и допунске. Допунске ознаке дефинишу накнадно уграђене закивке. Допунске ознаке означавају се заставицама и полукругом. Једна заставица означава да је отвор за закивак избушен у радионици и да закивак мора бити уграђен на градилишту. Две заставице се додају уколико се отвор и закивак уграђују на градилишту. Полукруг означава позицију полуупуштене главе, зависно да ли се налази горе или доле.

Да би одредили потребан број закивака у вези потребно је познавати понашање закивака под оптерећењем. Током хлађења закивка долази до његовог скупљања. Елементи у вези се померају и у закивку се јавља сила затезања у глави која врши притисак. Овакав притисак може бити већи од границе развлачења. Додатно хлађење утиче на смањење пречника тела закивка. Због овога се ствара зазор између отвора и тела закивка. Овим чињеницама закључујемо да прорачун закивка је врло сложен и до њега се долази кроз три фазе. Прва фаза јесте супростављање силе трења између главе закивка и спољног елемента везе. У другој фази долази до еластичне деформације везе услед смицања, савијања и гњечења елемената везе у контакту са закивком. Трећа фаза и најкритичнија говори о знатној деформацији закивка у вези. Тачније речено, долази до лома закивка услед превеликог оптерећења. Ово још зависи од врсте материјала, бушења отвора и положаја веза. Бушење отвора има веома важну улогу у овом прорачуну.

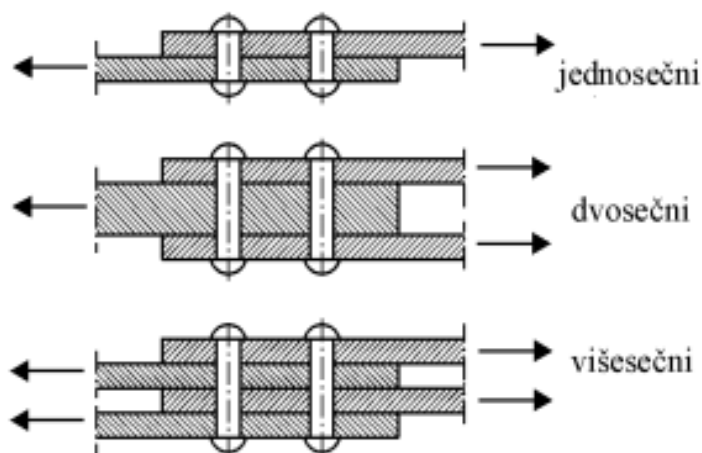
Да би ближе и тачније одредили носивост закивка уводимо претпоставке као што су:

- занемаривање трења између елемената изазвано силама затезања закивка
- занемарује се затезање и савијање закивка код смичућих спојева
- сви закивци у вези преносе подједнако оптерећење
- контакт између закивка и елемената је равномерно оптерећен по површини
- деловањем смичуће силе у врату закивка се јавља константан напон смицања.

Преношење оптерећења са једног елемента на други врши се смицањем закивка по читавој површини тела закивка. Број сечних површина који праве смицајно оптерећење зависи од броја елемената у вези. Према овоме разликујемо следеће закивке:

- једносечне
- двосечне
- и вишесечне.

Једносечне закивке карактерише само једна раван смицања, код двосечних две равни смицања док вишесечне описује веза са више од две сечне равни (више од три елемента у вези).



Слика 4. Врсте закивака према сечним равнима , [3]

Носивост закивака на смицање одређује се према следећем обрасцу:

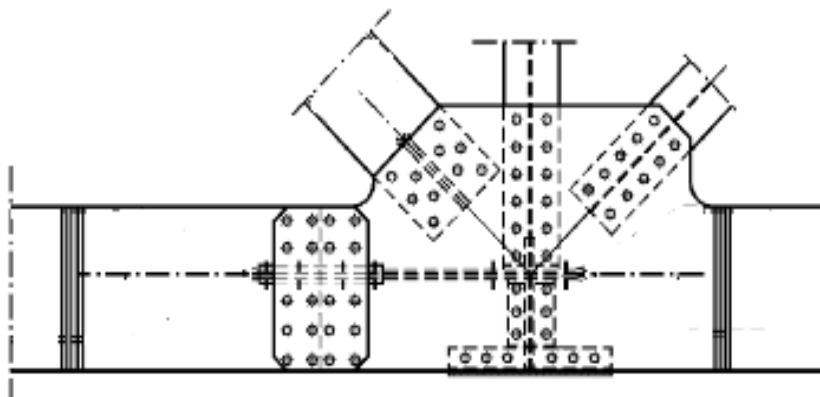
$F_v = m \cdot A \cdot \tau_{\text{доп}}$. У овом обрасцу m карактерише сечност закивка, $\tau_{\text{доп}}$ допуштени напон на смицање и A површину тела закивка.

2.2 Завртњеви

Развој конструкција са собом повлачи и развој завртњева као спојно средство за везу. Коришћени су обични завртњеви а касније током њиховог развоја користе се завртњеви бољих карактеристика, [3].

Завртањ представља савремено и једноставно спојно средство за израду. Највише се користе у зградарству и мостоградњи. Они врше спајање елемената у вези на градилишту. У данашњој индустрији они су скоро у потпуности заменили закивке.

Завртањ се израђује машинским путем. Пошто се уградња врши на градилишту то доводи до уједначености квалитета завртња. Уградња не захтева сложену опрему и специјализовану радну снагу. Завртњеви се уграђују врло једноставно где ову операцију врши један радник. Временски услови не утичу на квалитет везе као и на сам завртањ. Много брже се уграђују у односу на закивке. Веза завртњима је јефтинија и квалитетнија у односу на везу закивка.



Слика 5. Пример везе коришћењем завртњева , [3]

Завртањ врши спајања два или више елемената у вези. Бушење отвора се врши истим поступком као и код закивака. Завртањ се поставља кроз отвор, са друге стране долази подлошка и навртка. Навртка се навија све док елементи не буду у споју. Накнадно притезање навртке се врши одређеном машином. Након притезања свих завртњева веза је спремна за преношење оптерећења. Ови завртњи морају бити спремни да се супроставе смицању, затезању и притиску по омотачу отвора.

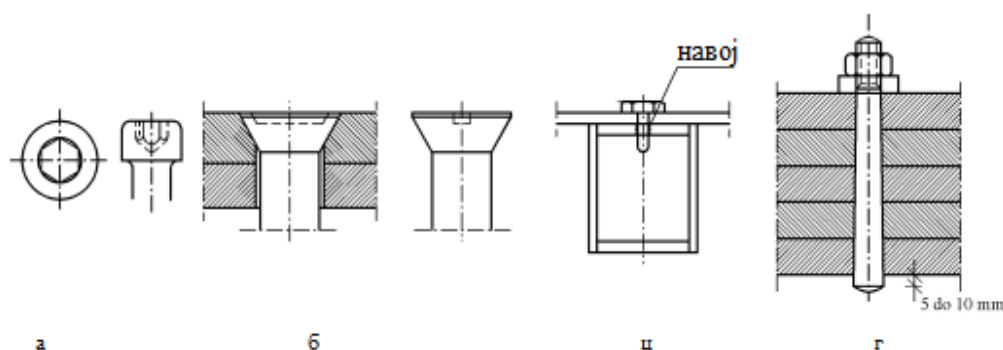
Називну меру дефинише дебљина тела завртња на месту навоја. У челичним конструкцијама употребљавају се завртњи са метричким навојем. Некада су употребљаван цоловни односно Витвортов навој. Најчешће се користе завртњи са десним навојем, у изузетним случајевима са левим навојем.

Најважнији део завртња јесте тело. Тело завртња преноси силу, трпи смичуће оптерећење као и притисак на омотачу отвора. Због свих ових оптерећења у конструкцијама се користе подлошке. Подлошка је кружног облика са отвором у средини. Подлошке су минималне дебљине осам милиметара. Постављају се између елемента спајања и навртке.

Тачност израде тела је веома битна. Према њој можемо поделити завртње на обрађене и необрађене. Обрађени завртњи су завртњи са тачним налегањем. Код ових завртњева разлика између димензија отвора и тела завртња је испод 0,3 милиметра. Необрађени завртњеви су завртњеви лабавог налегања. Разлика између димензија је преко једног милиметра. Предност ових завртњева јесте лакша уградња на градилишту.

Постоје специјални завртњеви и користе се у специјалним случајевима. Ти случајеви могу бити:

- завртњи са унутрашњој шестоугаоном главом (а)
- завртњи са упуштеном главом (б)
- завртњи без навртке (в)
- конусни завртњеви (г)



Слика 6. Специјални завртњи , [3]

Завртњи са унутрашњом шестоугаоном главом налазе примену у спојевима код којих не постоји простор за постављање кључа.

Завртњи са упуштеном главом се користе у спојевима код којих се захтева да површина на месту споја буде равна. Завртњи без навртке се користе у неприступачним спојевима где не постоји могућност постављања навртке. Овакав случај захтева урезивање навоја на елементу који се користи уместо навртке. Конусни завртњи у спојевима са закивцима код којих је дебљина споја већа од дозвољене. Тело завртња је под нагибом од једног процента и нема главу него се тело испушта ван за пет до десет милиметара.

Обележавање завртња садржи:

- врсту навоја
- пречник завртња на месту навоја
- дужину завртња
- класу чврстоће
- и стандард по коме је рађен

На цртежима због лакше прегледности и смањења грешака, завртњи су обично представљени посебним стандардизованим ознакама. Постоје ознаке за обрађене и необрађене завртње. Уколико се ради о обрађеном завртњу испод ознаке постоји црта која то наглашава.

Завртањ се израђује од челика. Зависно од потребе завртњева и особине материјала разликујемо челик од механичких до хемијских својстава. Класа чврстоће се обележава са два броја одвојена тачком. Први број представља класу чврстоће на затезање, док други представља границу развлачења и чврстоће на затезање.

2.3 Спајање елемената поступком лепљења

Како идемо у корак са временом тако се развијају и поступци разноразних спајања елемената. Данашње време нам доноси спајање елемената поступком лепљења. Спајање се врши код лаких метала, пластике и композитних материјала. Лепљење се врши код компликованих облика конструкција, [2].

Овакав вид спајања елемената има добре карактеристике које чине ову технику посебном. Спајање лепљењем са собом носи брзину, једноставност и његова примена не налаже посебне материјале у спајању. Конструкција спојена лепљењем не захтева посебну термичку обраду што омогућава коришћење различитих материјала у споју.

Важна карактеристика овог споја јесте изузетна херметичност и изолованост од електричног споја, као и заштитни слој против корозије. Овакве карактеристике у конструкцији су постигнуте равномерном расподелом оптерећења на месту лепљења елемената.

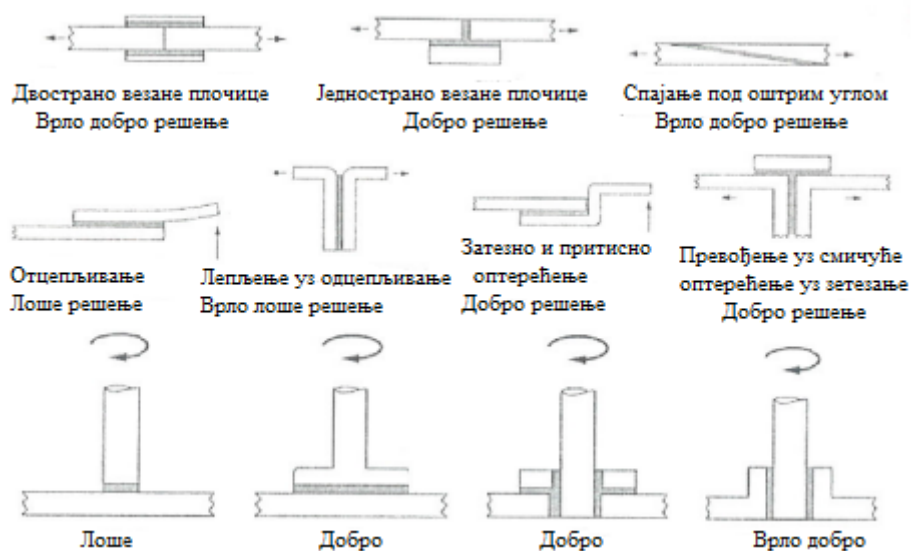
Јако битна ставка код оваквих спојева елемената јесте чврстоћа. Чврстоћа зависи од пријањања лепка на површини елемената као и јачине самог лепка, прецизније речено од циле адхезије и силе кохезије. Да би омогућили пријањање, брже везивање лепка за површину и тако омогућили већу чврстину, морамо очистити и спремити површину елемената. Када кажемо да очистимо, мислимо да припремимо површ која треба бити залепљена тако што на њој морамо одстранити уља, масти, прашине и боје коришћене као заштита материјала уколико постоји тако нешто. Овакву припрему елемената одрађујемо механичком обрадом. Често таква обрада буде пескарењем да би се добила хрпава површина. Такву површ се накнадно пресвлачи течностима против корозије и уједно она у себи садржи адитиве који омогућавају боље прихватање лепка. Средства за лепљење у зависности од услова очвршћавања деле се на:

- средство са анаеробним очвршћавањем који се одвија без присуства ваздуха
- средства која очвршћавају уз ултраљубичастим зрацима
- средства која очвршћавају на бази влаге из ваздуха
- средства која очвршћавају уз помоћ активатора.

Зависност од материјала, лепка, услова, самог конструкционог облика, прорачуна и намене споја добијамо препоруку са којом се придржавамо. Ове препоруке најчешће садрже:

- начин очвршћавања
- чврстоћу на смицање
- дебљину лепка у споју елемената
- време очвршћавања лепка
- температурну постојаност
- боју
- време након кога се може оптеретити спој
- технику извођења
- хемијску постојаност
- облик споја

Растављање спојева малог оптерећења се изводи на малим температурама, док се за растављање спојева великих оптерећења користи топлота. Температура се креће у границама од 100°C до 400°C . Након растављања елемената у споју врши се спаљивање остатака лепка на елементима и врши се поновна припрема за спајање.

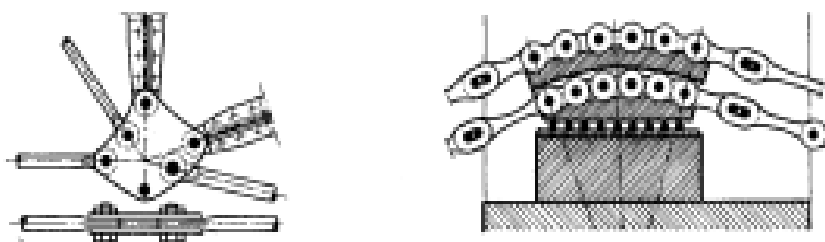


Слика 7. Добра и лоша решења при спајању лепљењем , [2]

2.4 Спајање елемената чеповима

Развојем челичних конструкција развијала се и потреба за новим спојевима елемената. Нова веза елемената јесте веза чеповима. Ова веза је нашла примену код великих распона између ослонаца. Често се користи код мостова и то за преношење великих оптерећења, [3] .

Чепови су коришћени за израду чворова у спојевима и за израду ланчаних преноса. Такозвани ланчани пренос се заснива на чеповима и челичним лимовима, који заједно чине једну везу у облику ланца. Овакав пренос оптерећења налази примену код viseћих мостова великих распона. Примена чепова даје сигурну везу те је са оваквом конструкцијом израђен ланчани мост преко Дунава у Будимпешти. Чувени мост је постављен почетком 20. века и распона је чак 290 метара. Веза је једноставног и правилно статичког извођења зависно од распона и оптерећења.



Слика 8. Веза чеповима израђена у зглобу и као ланац , [3]

Веза изведена чеповима је веома блиска зглобној вези. Предност у односу на друге везе је да ова веза омогућава ротирање елемената око чепова. Ротација око чепова елиминише могућност деловања момента савијања на елементима у вези. Лоша страна ове везе је да уколико дође до лома чепа, односно затеге то као последицу има раскидање целокупне конструкције. Прегледање и контрола чепова на месту споја је веома захтевна и њене могућности за детаљно контролисање су смањене. Такође је тешко контролисати корозију на конструкцији обзиром да је свакодневно изложена климатским условима.

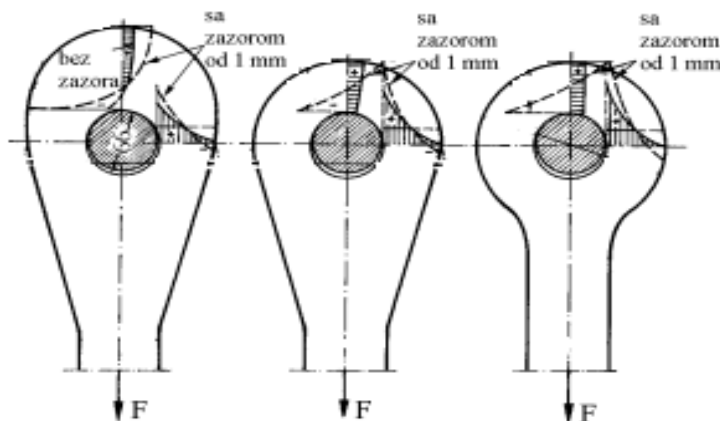
Појавом софтверских пакета у данашњем машинству олакшан нам је прорачун конструисање и провера саме везе. Софтвер не само да је повећао прецизност већ је и добио на брзини добијања резултата прорачуна. Унапређивањем материјала смањена је употреба челичних лимова и уведена је употреба каблова. Употребом каблова долази до смањења примене оваквих веза. Данас се користе у специјалним случајевима, односно када нам посебни услови налажу такву примену. Обично су то услови са потпуном ротацијом елемената у спојевима.

Највећу примену везе са чеповима срећемо као:

- израда ослоначких конструкција код стубова код којих се очекује деформација услед слегања подлоге
- израда монтажних оплата, радних платформи, скела, покретних мостова
- веза затега код висећих мостова
- монтаж-демонтажни објекат
- везу анкер носача код мостова система континуалног носача код којих се јављају негативне реакције.

Веза са чеповима се конструише помоћу окастих штапова и чепова. Ове везе су јако захтевне и њихов прорачун је комплексан јер постији велики број фактора који утичу на расподелу напона. Расподела напона се врши на самом чепу и оксатом штапу. Највећу улогу у расподели напона има димензија и облик штапа, као и зазор између чепа и отвора на штапу и наравно размак између лимова елемената у споју.

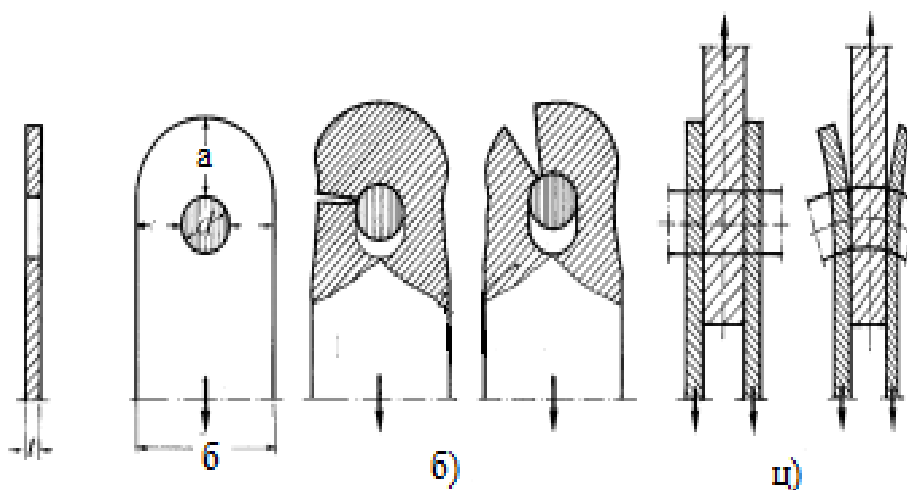
Применом софтвера тј. методом коначних елемената лакше долазимо до расподеле оптерећења у штапу. Напрезање можемо открити и експерименталним методама, најчешће применом напонско-оптичке анализе. Зазор између чепа и отвора у штапу има велики утицај око расподеле напона. Велики зазор омогућава бољу ротацију штапа, лакшу и бржу уградњу. Зазор не сем бити велики јер долази до линијског напрезања и повећавања напона на самом штапу.



Слика 9. Деловање напона на штапу услед зазора , [3]

Већим оптерећивањем штапа може доћи до лома. Закључке можемо извести :

- великог притиска по омотачу отвора долази до издужења пречника отвора на штапу у правцу деловања силе, са стране на коју належе сила (слика 11.б)
- услед цепање лима штапа се врши у два карактеристична пресека (слика 11.б)
- савијање чепа проузрокује савијање спољашњих ломова на штапу (слика 11.ц).

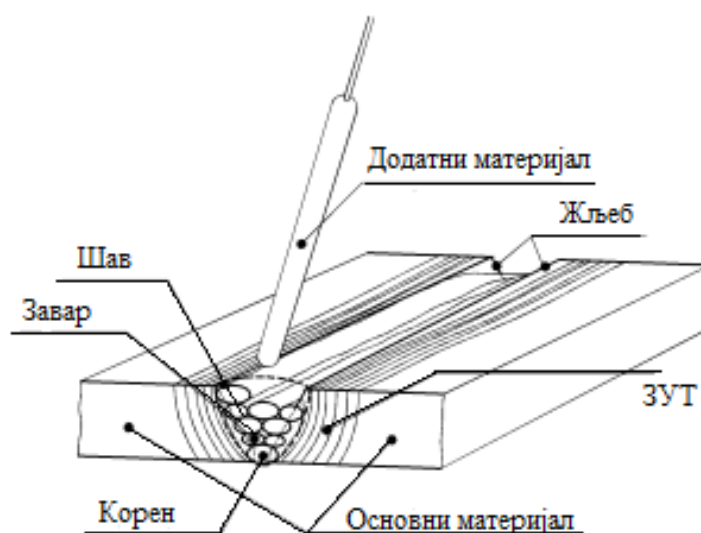


Слика 10. Последица превеликог деловања оптерећења, [3]

Димензионисање чепова је од изузетне важности у саставу елемената. Чепови су израђени од челика и цилиндричног су облика. Служе да повежу два окаста штапа. Овакво спајање се изводи само једним чепом где омогућава потпуну ротацију. Да би се спречила могућност испадања чепова на крајевима се додају навртке или клинасти граничници који имају улогу одигурача у вези. Ако се користи навртка, може се рећи да се тада примењује завртањ или чеп са навојем. Тело чепа је изложено савијању и смицању те се у њему јављају нормални и смичући напони. Напрезање чепова је комплексно и захтева посебне прорачуне.

2.5 Веза остварена заваривањем

Технолошки поступак који се бави спајањем истих или сличних метала назива се заваривање. Поступак се изводи под великом температуром која изазива топљење материјала у споју. Топљење се дешава на основном и на додатном материјалу. Додатни материјал представљају електроде или жице зависно који се поступак заваривања користи. Мешањем материјала долази до физичког и хемијског сједињавања. Постепеним хваћењем очвршћује се сједињени материјал и добија се такозвани шав. Шав представља физички континуитет материјала. Овај начин остварује један континуалан спој елемената који заједно чине везу, [3].



Слика 11. Основни појмови поступка заваривања , [3]

Основни материјал је материјал од кога су израђени делови над којим треба бити извршен овај поступак спајања.

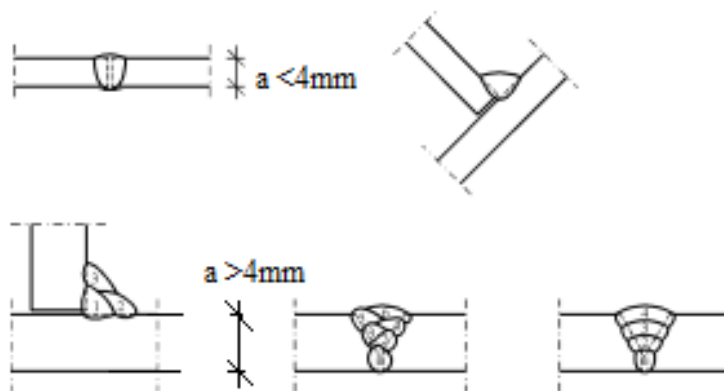
Додатни материјал јесте материјал који се приликом загревања топи и сједињује са основним материјалом. Приликом хлађења очвршћава материјал и образује шав. Јако битно је изабрати правилан додатни материјал како би се извело брже и боље попуњавање жљеба и сједињавање самих материјала. Додатни материјал мора да поседује легиране растопе чија је функција да створи услове за заштиту шав. Легирани растоп има улогу да сачува шав од атмосферских гасова и да омогући постепено хлађење а самим тим и очвршћавање материјала.

Шав је материјализовано место спајања. Шав се налази на споју, који означава међусобни положај делова који се спајају.

Зона утицаја топлоте или скраћеница „ЗУТ“, представља зону у основном материјалу непосредно уз шав у којој је због високих температура које настају приликом заваривања је дошло до структурних промена.

Жљеб је простор предвиђен за депоновање додатног материјала приликом заваривања. Његов облик зависи од врсте споја и дебљине елемената. Функција жљеба јесте да омогући правилно растапање по дебљини основног материјала и добро испуњавање раствора. Код сучеоних шавова жљеб се формира обарањем ивица елемената, док код угаоних шавова није потребна припрема већ жљеб формирају ивице које се спајају.

Део шави добијен топљењем додатног материјала у једном пролазу назива се завар. Код угаоних и сучеоних шавова над танким елементима који се спајају може се извести завар у једном пролазу. Танке елементе сматрамо са дебљином мањом од 4 mm. За елементе дебљине преко 4 mm, шав се образује из више пролаза. Први завар представља корени шав док остали могу бити паралелни њему или се изводити по оси елемената.



Слика 12. Израда сучеоних и угаоних шавова за различите дебљине елемената ,
[3]

Способност материјала да постоји могућност да спајања истих назива се заварљивост. Заварљивост можемо поделити на:

- оперативну заварљивост
- металуршку заварљивост и
- конструктивна заварљивост.

Оперативна заварљивост је могућност остваривања материјалног континуитета без појаве грешака између соојених елемената. Металуршка заварљивост представља услов за добијање квалитетног шава, док конструктивна формира способност шава да се понаша као основни материјал под оптерећењем.

Данас је израда металних конструкција готово незамислива без примене поступка заваривања. Поступак је нашао највећу примену код заваривања профила. Основне предности које нуди заваривање у односу на маханичка спојна средства су:

- материјални континуитет који се омогућава континуално преношење оптерећења између елемената
- остваривање крутих веза које имају велику улогу код динамичких оптерећења
- смањивање тежине саме конструкције која је изазвана смањењем самих веза
- могућност промене дебљине материјала елемената у вези
- смањено време потребно за додатну обраду материјала
- могућност остваривања непропусних спојева и
- избегавање слабљења материјала пробијањем отвора.

Заваривање остварује широки асортиман елемената у вези. У вези се могу наћи стандардни профили, као и сандучасти, кружни и многи други. Помоћу заваривања се остварује преношење оптерећења преко самог шава, док спојеви остварени помоћу закивака и завртњева преносе оптерећење са једног елемента на други. Овим податком закључујемо да спој остварен заваривањем може поднети веће оптерећење у односу на остале спојене елементе. Веза заваривањем се изводи брже, економичније и квалитетније у односу на остале везе.

Уколико постоји потреба за ојачањем елемената или неког дела додавањем материјала она се изводи заваривањем. Приликом извршавања процеса треба конструкцију олакшати. Заваривање са собом носи и загревање које утиче на механичке карактеристике материјала. Промена механичких карактеристика може довести и до трајних последица као што је лом конструкције.

Када говоримо о непропустљивости течности, заварени спој је најпогоднији у односу на спојеве остварене закивцима и завртњевима. Главну улогу има шав који се сједињава са основним материјалом и спречава пролаз течности. Овај процес нам омогућава велику примену код резервоара, бункера, хидротехничких објеката, цистерни за гасове и друге течности.

Како постоје предности, тако постоје и недостаци заваривања као што су:

- велика потреба за квалификованом радном снагом
- посебно захтевани услови у процесу заваривања у климатском погледу
- посебно захтеван процес контроле квалитета
- велика осетљивост на пожар због самих гасова који се користе.

Квалификована радна снага је предуслов да ће изабрани поступак заваривања дати очекиване резултате. У сваком послу је битна пракса, али у овом је јако битно познавати материју. Када ово кажемо мислимо на правилно руковање опремом, познавање израде шавова, попуњавање жљеба, да заваривач отклони и спречи додатно стварање грешака уколико постоје. Самим тим ово ствара атестирање заваривача пре самог извршног процеса.

У шаву и око њега могу се јавити грешке и напрслине приликом заваривања. Оне могу проузроковати слабљење као и рушење саме конструкције. Динамичка оптерећења насупрот прслинама узрокују повећање самих прслина. Ширењем прслина оне делују на континуитет шавова и смањују носивост конструкције. У случају статичког напрезања дешава се прерасподела напрезања. У случају да не постоји прерасподела напрезања приликом негативних услова може доћи до такозваног кртог лома материјала. Да би спречили настанак лома морамо извршити погодан избор основног материјала, посебну обраду и поступак заваривања, као и контролу квалитета шавова.

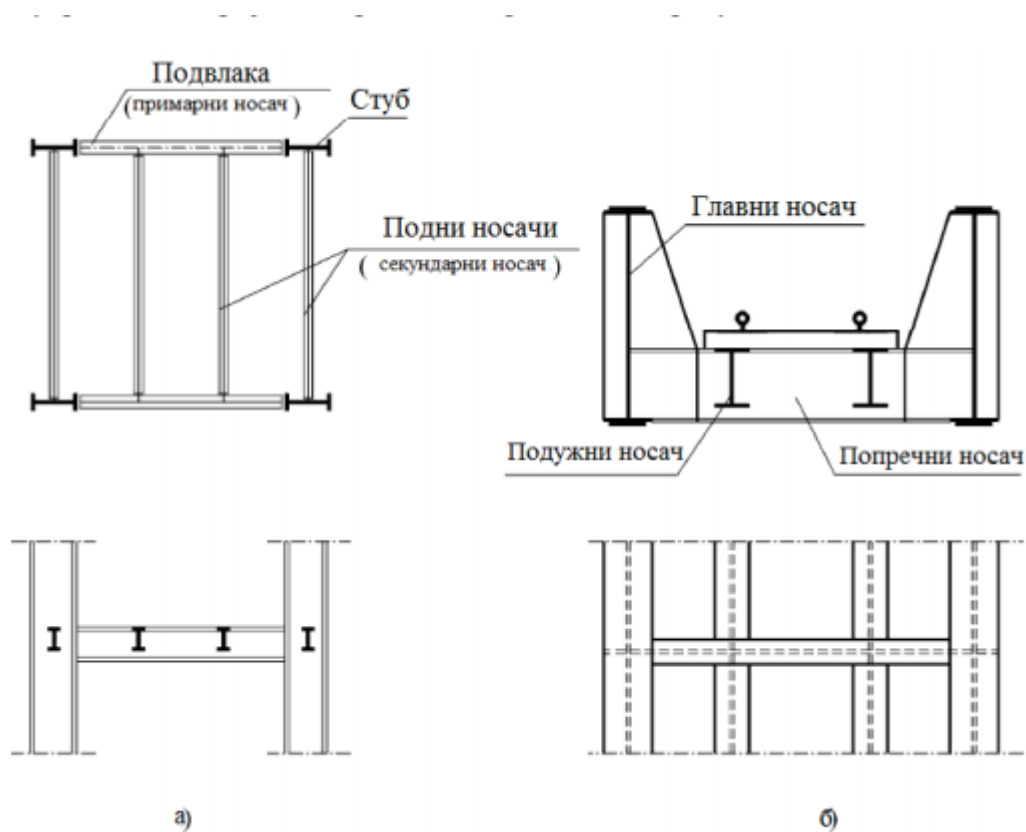
Откривање и уклањање грешака је веома захтеван и скуп процес. Стога је на пројектанту да што економичније и прицизније испројектује задате везе, пратећи следеће захтеве:

- везе и наставци морају да буду што једноставнији, односно да се води рачуна о простору за рад на градилишту
- треба обратити пажњу да везе буду ван положаја максималних вредности чиме би се смањио степен опасности од елентуалних грешака
- избегавати тешке положаје заваривања, јер су слабији шавови, скуљи су и интервал потрошеног времена је већи
- провера квалитета мора да буде сразмерна самим потребама конструкције односно по цени шавова.

Климатски услови су битан фактор за квалитетну израду заваривачких радова. Посебну улогу има спољашња температура, присуство ветра и влажност ваздуха. Ниска температура брзо хлади шав чиме спречава постепено очвршћавање завараног споја. Овим не долази до сједињавања основног и додатног материјала, јављају се прслине у види гасова и појеве трошке. Доња граница температурног опсега се налази између 0 и 5 ° С. Испод ових температура врши се додатно предгревање основног материјала пре самог поступка. При заваривању услед ветра могу се јавити грешке у самом шаву јер долази до неравномерног хлађења. Све ово доказује да заваривање је најпогодније вршити у радионици по најповољнијим условима, док се на градилишту дешава заваривање у импровизованим условима.

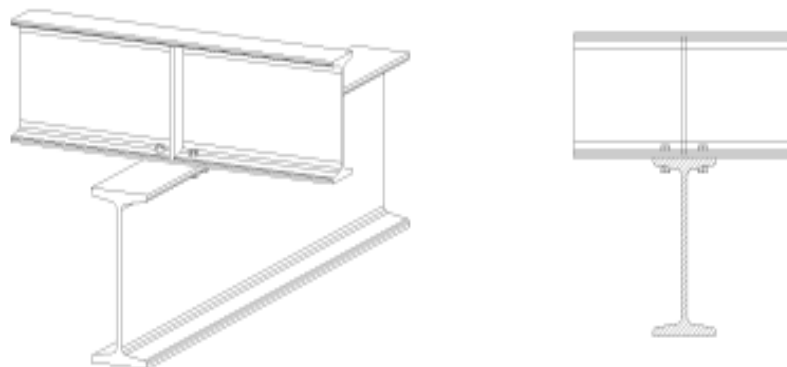
3. Веза под углом

Челичне конструкције по својој природи нису монолитне већ је њихов састав одређен спајањем више елемената. Носећи системи су углавном скелетног типа и формирану су линијским елементима. Повезивање се врши претходно наведеним везама које заједно чине један склоп. Зависно од потребе и намене конструкције тако и формирамо само везу. Много примера у пракси срећемо са везом под углом. У зградарству се оваква веза јавља најчешће између носача и стубова, док у мостоградњи се јавља између попречних носача и подужних стубова или главних носача. Везе под углом су неизбежне у данашњим конструкцијама и најчешће се примењују код роштиљског типа. У већини примера угао под којим се везују елементи је у већини примера прав док се могу наћи и примери где је веза оствареном под неким углом. Веза остварена под неким углом захтева више времена, скупља је и захтева велику прецизност. Због свега овога овакву везу треба избегавати, [1] .



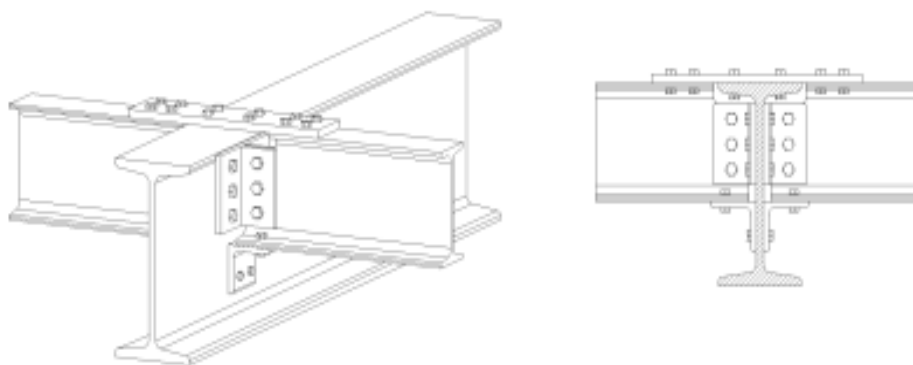
Слика 13. Пример везе под углом у зградарству(а) и мостоградњи(б), [1]

Обликовање конструкције везе зависи највише од доступне висине два носача. Ако веза није условљена висином, онда се она остварује укрштањем носача односно ослањањем једног на други. Ово се сматра најједноставнијим решењем за овакав случај.



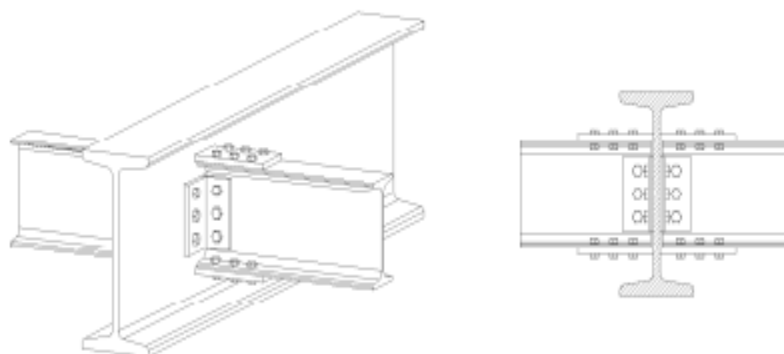
Слика 14. Веза остварена укрштањем два носача, [1]

Пракса показује други случај, то јест да расположива висина скоро увек је ограничена. Веивање се врши тако што горње ножице носача леже у истој равни, док доње ножице носача могу се разликовати у висини. Оваква веза може бити остварена заваривањем, закивцима и завртњевима зависно од потребе.



Слика 15. Веза где је висина ограничена, [1]

Код изразито малих висина може се извршити упуштање носача. Оваква веза се остварује тако што се носач спаја са другим на средини то јест да се горња и доња ножица носача не налазе у истој равни.



Слика 16. Веза под углом код изразито малих висина, [1]

Везе под углом као и све друге везе имају за улогу преношење оптерећења са једог носача на други. Преношење оптерећења у овом случају се врши са носача нижег реда на носач вишег реда. У мостоградњи подужни носачи јесу најнижег реда које своје реакције предају попречним носачима. Попречни носачи своје оптерећење предају главним носачима који се сматрају носачима највишег реда. Елементи највишег реда су највише оптерећени. Прорачун се врши прво над подужним носачима а на крају се врши анализирање главних носача.

Код роштиљског дејства систем носача се не може одмах одредити. Да би одредили ком реду елементи припадају морамо и познавати крутост самих елемената. Крутост можемо одредити помоћу теорије конструкција као и анализе самог система.

Ако систем веза гледамо са статичког поља, веза под углом може бити крута и зглобна. Крута веза преноси преноси момент савијања и трансверзалну силу док зглобна веза врши пренос само трансверзалне силе. Међутим, у пракси имамо другачији случај код зглобних веза. У пракси не постоји идеална зглобна веза, те самим тим се јавља појава момента услед везивања. Овај момент представља један вид еластичног укљештења. Такође је тачно да ни крута идеална веза не постоји, те се може рећи да се јавља и обртање у самом пресеку спајања.

4. Типови и начини конструисања дизалица

Дизалично-транспортна средства су човечанству из далеке прошлости позната. Некада градитељи Египта и Рима су простим средствима обављали подизање и премештање терета са једног места на друго. То су биле у питању велике висине и огромне тежине. Тако је Кеопсова пирамида висине 147 m саграђена од камених коцки тежине око 100 t. Ове коцке или блокови су направљени од једног комада камена, [4] .

Током проласка кроз векове тако је текао и развој технике. Овај развој је пратио развој дизалично-транспортних уређаја. Данас овакви уређаји су саставни у скоро свим видовима индустрије. Чине један не замењив ланац транспорта терета.

Експанзија уређаја се дешава у другој половини деветнаестог и почетком двадесетог века. Овај развој је наметнут од стране развитка индустрије. Потребу за транспортом све већих количина материјала, робе и сложеније технолошке захтеве морале су да прате и испуњавају транспортне машине. Користиле су се транспортне машине са прекидним и непрекидним радом. У транспорте са непрекидним радом убрајамо елеваторе, конвејере, транспортере. Транспортне машине примењујемо:

- у индустријским халама за премештање терета, ремонт машина
- у ливницама за транспорт одливака и материјала
- у морским и речним лукама за претовар рибе
- у железарама у саставу технолошког процеса и за складиштење руде
- у грађевинарству, рударству, складиштима у индустрији, робним складиштима, хидро и термо електранама.

У делу машина прекидног транспорта најбројнију групу чине дизалице. У дизалице или дизаличне машине спадају све дизалице које служе за верикално подизање терета уз помоћ ланаца или ужета. У ову групу спадају мосне дизалице, грађевинске дизалице, порталне дизалице, претоварни мостови, конзолне дизалице, специјалне мосне дизалице за железничке потребе.

Мосне дизалице су по многим елементима као конструкцији, величини, намени, технолошким и другим особинама најразноврсније и најраспрострањеније дизаличне машине.

Мосне дизалице могу бити израђене са једним или са два главна носача. Могу радити са куком, електромагнетом, грабилицом, са траверзом која може бити обртног типа. Када је реч о погону може бити са једним или два електрична мотора. Мотори могу се користити за покретање колица по носачима као и за дизање терета. Имају могућност и подешавања споријег и бржег покретања. Мосна дизалица се користи за велике распоне између стубова и за велике тежине. Главни делови дизалице су мост(односно носећа конструкција), покретно електрично витло са куком и доњом катурачом, механизам за кретање дизалице и кабина руковођаца дизалице.



Слика 17. Мосна дизалица у току рада, [12]

Торањске или грађевинске дизалице су најмасовније дизалице које се користе у грађевинарству. Најчешће се примењују у масовној или појединачној изградњи грађевинских објеката, у изградњи индустријских објеката, код хала, мостова, хидроелектрана, опслуживање складишта.

Грађевинске дизалице могу да подигну тежину до 75 тона и могу достићи висину дизања око 100 метара, мада постоје случајеви где се јављају и промене око ових бројки. Како у свакој области постоји подела тако и ову дизалицу можемо поделити по мачину уградње, начину опслуживања, начину промене дохвата, конструкцији стуба-торња, начину спајања стреле и торња и начину уравнотежења.



Слика 18. Грађевинска дизалица на градилишту , [9]

Порталне дизалице називамо још и рамне. Састоји се од рама(портала) који може бити фиксиран или што је много чешћи случај, монтиран на колосеку. Конструкција рама се састоји од два стуба и греде. Израђена је од челика. Може бити решеткастог или пуног профила. На греди се налази чекрк или такозвана мачка која служи за манипулацију подизања терета. Најчешће се користи на складиштима конадних или чешће растреситих материјала. Рамну дизалицу можемо приметити и у фабрикама, дрвној индустрији, ливницама, железарама, на пристаништима. Распони се крећу од 12 до 50 метара. Ако се распони крећу до 200 и више метара онда је реч о претоварном мосту.

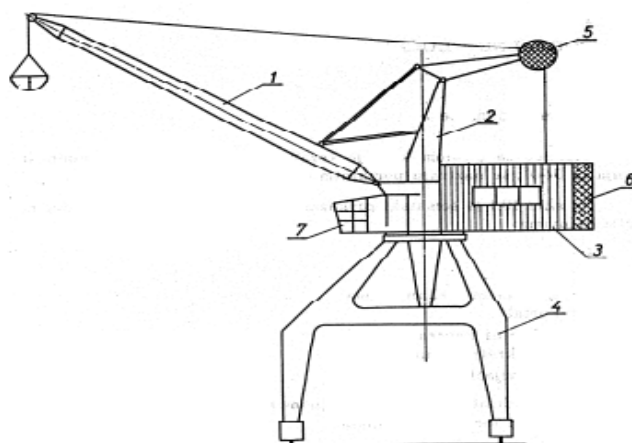


Слика 19. Рамна дизалица у току рада , [8]

Порталне-лучке дизалице су дизалице које имају могућност обртања портала око своје осе за 360 °С. Стрела код ових дизалица је везана за портал. Налазе примену као претоварна средства код речких и морских пристаништа. Портал је крути рам који има могућност да прекрива железничку пругу и тако омогући пролаз испод дозалице. Овим олакшава претовар материјала у вагонима. Носивост ових дизалица достиже до 20 t, док дохват стреле може бити чек 40 m.

Шематски приказ главних делова порталне дизалице:

- 1-стрела
- 2-стуб
- 3-кабина са механизмима
- 4 портал
- 5-покретни контратег
- 6-непокретни контратег
- 7-кабина за управљање



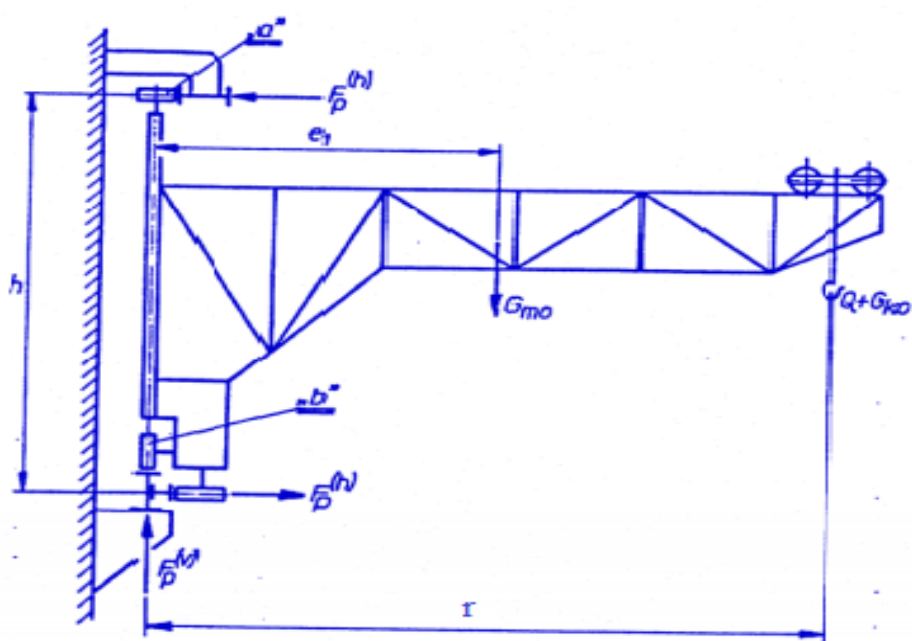
Слика 20. Шематски приказ порталне дизалице, [7]

Аутодизалица може бити према конструкцији извршена на више начина. Можемо их поделити према путним карактеристикама, конструкцији стреле, броју погонских мотора и броју кабина. Према конструкцији стреле могу бити израђене као телескопска, решеткаста конструкција или комбинација ова два случаја. Зависно до потребе могу бити израђени са једним или два мотора, исто тако важи и за број кабина. Носивост се може достићи и преко 100 t. Према терену на коме ради аутодизалица, постоји погон на гусеницама и гуменим точковима.



Слика 21. Изглед телескопске аутодизалице, [11]

Конзолна дизалица као и остале дизалице омогућава подизање и померање терета са једног места на друго. Ова дизалица има могућност транслаторног померања дуж кранске стазе. Овакву врсту кретања омогућавају четири хоризонтална и два вертикална точка. Вертикални точкови су погонски точкови. Колица су задужена за манипулисање теретом и она се крећу дуж конзоле.



Слика 22. Шема изгледа конзолне дизалице, [10]

Основни параметри који карактеришу ову дизалицу да би она била у равнотежи су:

- $F_p^{(h)}$ – хоризонтална сила на један водећи точак [N]
- $F_p^{(v)}$ – вертикална сила на један водећи точак [N]
- a – представља хоризонтални точак
- b – представља вертикални точак
- h – димензија која означава висину дела конзоле [mm]
- r – максимална дужина на којој може терет бити подигнут
- G_{mo} – тежина хоризонталног носача [N]
- G_{ko} – тежина колица [N]
- Q – тежина терета или корисна тежина [N]
- e_1 – растојање средишта хоризонталне греде [mm].

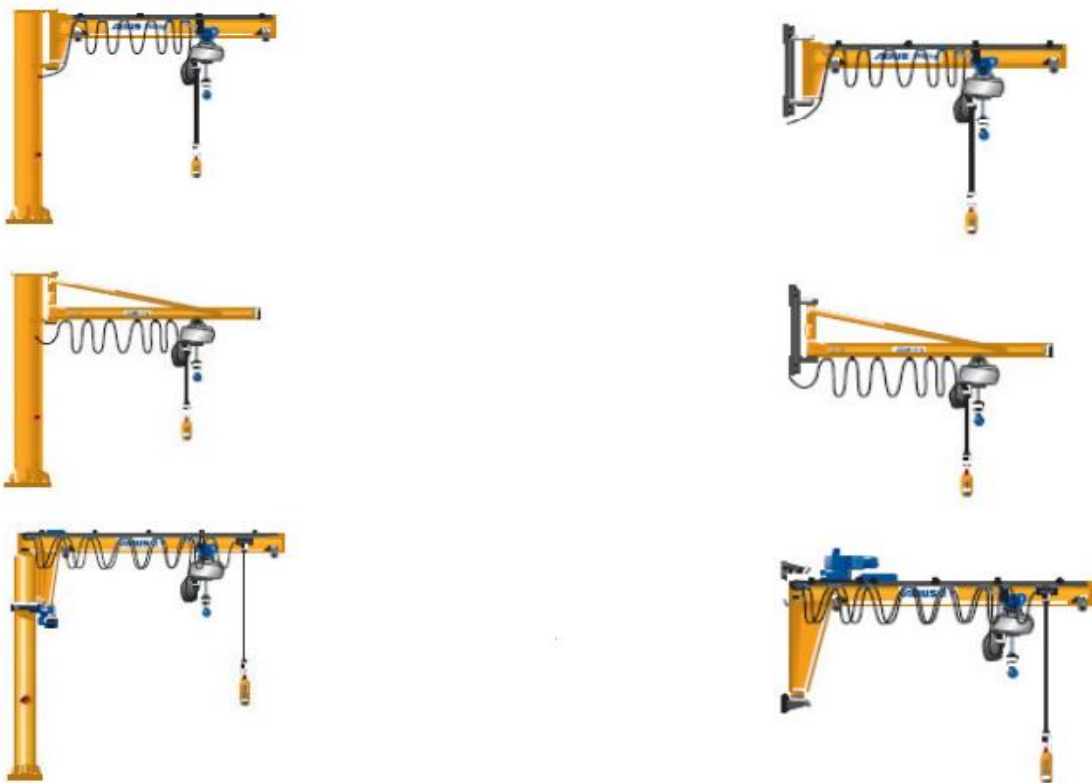
Да би тачније одредили силе притиска на точковима, помажу нам обрасци као што су:

- $F_p^{(v)} = \frac{1}{2} (Q + G_k + G_m)$
- $F_p^{(h)} = \frac{1}{2h} [(Q + G_k) \cdot a + G_m \cdot e_1]$.

Силу која се супротставља притиску на точковима називамо силом отпора и њу можемо одредити као збир ових двеју сила.

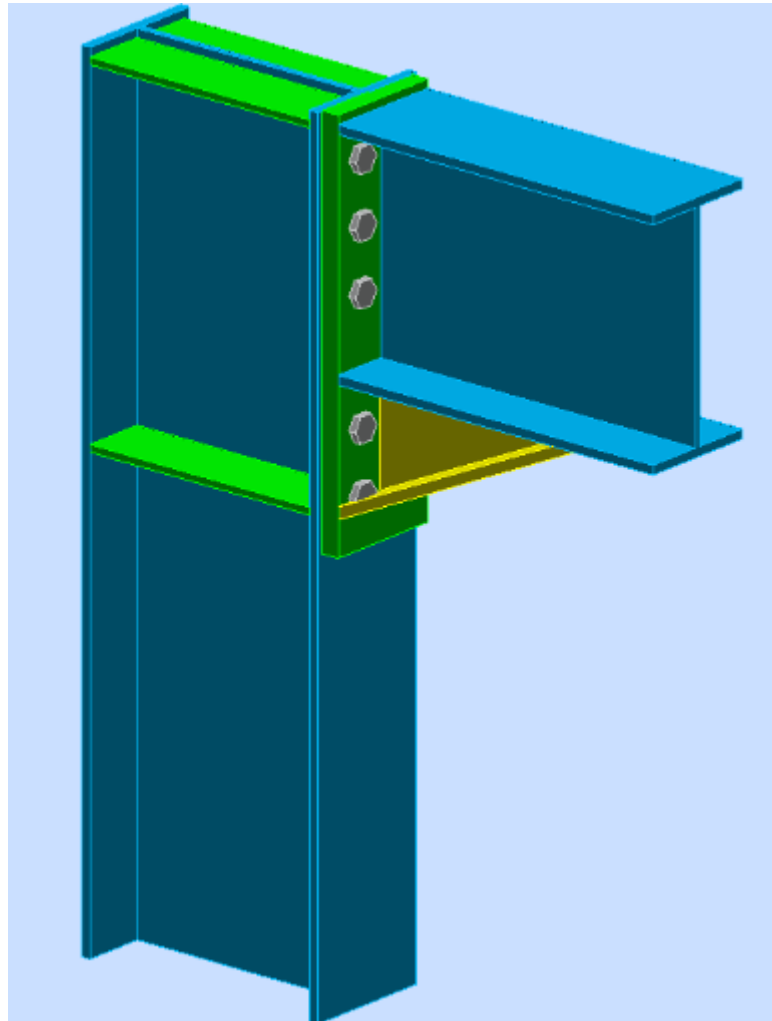
$$F_w = F_p^{(v)} + F_p^{(h)}$$

Конзолна дизалица може бити конструисана са покретним и непокретним стубом. Покретни стуб има могућност померања око своје осе за 360°. Потпуно другачији случај јесте код непокретног стуба, где се хоризонтални носач окреће око стуба. Зависно од самог конструисања дизалице, оне могу бити фиксиране за зид уместо постављања стуба.



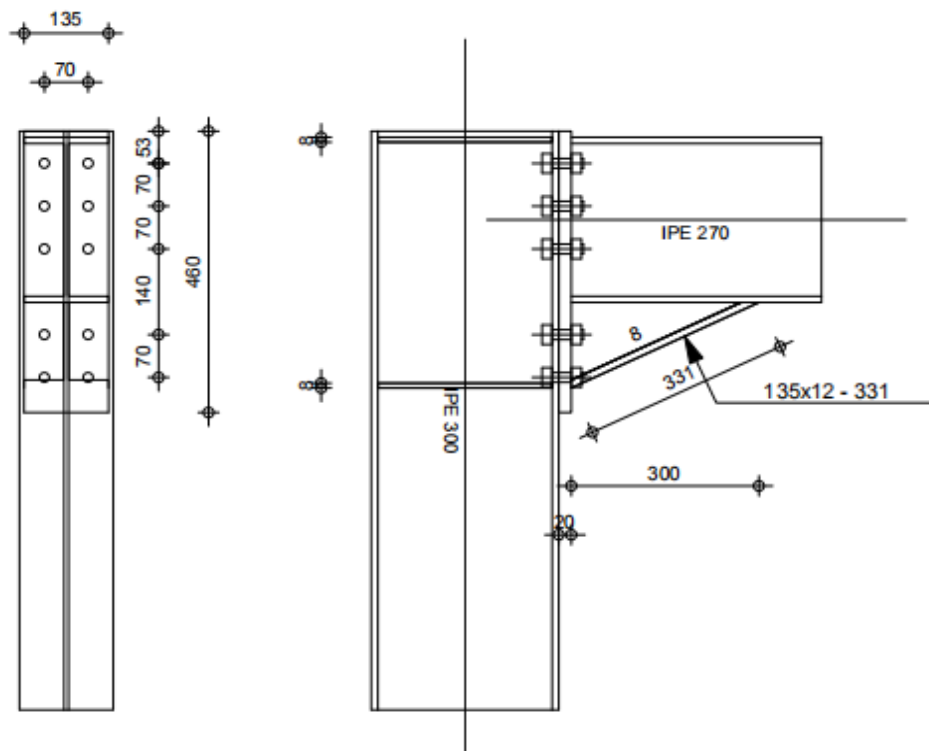
Слика 23. Могућа конструктивна решења конзолне дизалице, [10]

Пример главног стуба и конзолног носача једне конзолне дизалице

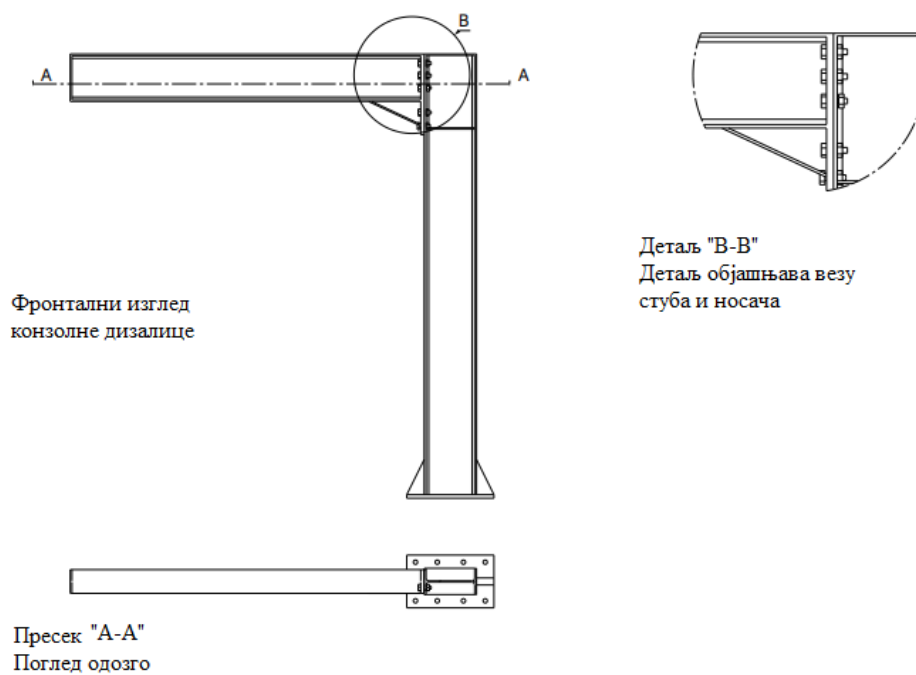


Слика 24. Приказ спајања носача и стуба са ојачањем

Да би боље анализирали и сагледали ситуацију ових дизалица извршен је прорачун чврстог споја завртњевима стуба једне конзолне дизалице са конзолним носачем. Уз помоћ софтверског пакета ROBOT structural analysis извршена је провера везе. Пакет је претходно подешен да ради по тренутно важећим Европским стандардима – ЕВРОКОД.



Слика 25. Димензије у самом споју носача и стуба



Слика 26. Изглед целокупне дизалице без погонског система

COLUMN

Section: IPE 300

$\alpha =$	-90.0	[Deg]	Inclination angle
$h_c =$	300	[mm]	Height of column section
$b_{fc} =$	150	[mm]	Width of column section
$t_{wc} =$	7	[mm]	Thickness of the web of column section
$t_{fc} =$	11	[mm]	Thickness of the flange of column section
$r_c =$	15	[mm]	Radius of column section fillet
$A_c =$	53.81	[cm ²]	Cross-sectional area of a column
$I_{xc} =$	8356.11	[cm ⁴]	Moment of inertia of the column section
Material: S 235			
$f_{yc} =$	235.00	[MPa]	Resistance

BEAM

Section: IPE 270

$\alpha =$	0.0	[Deg]	Inclination angle
$h_b =$	270	[mm]	Height of beam section
$b_f =$	135	[mm]	Width of beam section
$t_{wb} =$	7	[mm]	Thickness of the web of beam section
$t_{fb} =$	10	[mm]	Thickness of the flange of beam section
$r_b =$	15	[mm]	Radius of beam section fillet
$r_b =$	15	[mm]	Radius of beam section fillet
$A_b =$	45.94	[cm ²]	Cross-sectional area of a beam
$I_{xb} =$	5789.78	[cm ⁴]	Moment of inertia of the beam section

Material: S 235

$f_{yb} =$	235.00	[MPa]	Resistance
------------	--------	-------	------------

BOLTS

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

$d =$	16	[mm]	Bolt diameter
Class =	10.9		Bolt class
$F_{tRd} =$	113.04	[kN]	Tensile resistance of a bolt
$n_h =$	2		Number of bolt columns
$n_v =$	5		Number of bolt rows
$h_1 =$	53	[mm]	Distance between first bolt and upper edge of front plate
Horizontal spacing $e_1 =$	70	[mm]	
Vertical spacing $p_i =$	70;70;140;70	[mm]	

PLATE

$h_p =$	460	[mm]	Plate height
$b_p =$	135	[mm]	Plate width
$t_p =$	20	[mm]	Plate thickness
Material: S 235			
$f_{yp} =$	235.00	[MPa]	Resistance

LOWER STIFFENER

$w_d =$	135	[mm]	Plate width
$t_{fd} =$	12	[mm]	Flange thickness
$h_d =$	140	[mm]	Plate height
$t_{wd} =$	8	[mm]	Web thickness
$l_d =$	300	[mm]	Plate length
$\alpha =$	25.0	[Deg]	Inclination angle
Material: S 235			
$f_{ybu} =$	235.00	[MPa]	Resistance

COLUMN STIFFENER**Upper**

$h_{su} =$	279	[mm]	Stiffener height
$b_{su} =$	71	[mm]	Stiffener width
$t_{hu} =$	8	[mm]	Stiffener thickness
Material: S 235			
$f_{ysu} =$	235.00	[MPa]	Resistance

Lower

$h_{sd} =$	279	[mm]	Stiffener height
$b_{sd} =$	71	[mm]	Stiffener width
$t_{hd} =$	8	[mm]	Stiffener thickness
Material: S 235			
$f_{ysu} =$	235.00	[MPa]	Resistance

FILLET WELDS

$a_w =$	5	[mm]	Web weld
$a_f =$	8	[mm]	Flange weld
$a_s =$	5	[mm]	Stiffener weld
$a_{fd} =$	5	[mm]	Horizontal weld

MATERIAL FACTORS

$\gamma_{M0} =$	1.00		Partial safety factor
$\gamma_{M1} =$	1.00		Partial safety factor
$\gamma_{M2} =$	1.25		Partial safety factor
$\gamma_{M3} =$	1.25		Partial safety factor

LOADS**Ultimate limit state**

Case: Manual calculations.

$M_{b1,Ed} =$	80.00	[kN*m]	Bending moment in the right beam
$V_{b1,Ed} =$	20.00	[kN]	Shear force in the right beam
$N_{b1,Ed} =$	50.00	[kN]	Axial force in the right beam

RESULTS**BEAM RESISTANCES****TENSION**

$A_b =$	45.94	[cm ²]	Area
---------	-------	--------------------	------

$N_{tb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$N_{tb,Rd} =$	1079.71	[kN]	Design tensile resistance of the section	EN1993-1-1:[6.2.3]
SHEAR				
$A_{vb} =$	33.34	[cm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$				
$V_{cb,Rd} =$	452.32	[kN]	Design sectional resistance for shear	EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1.0$	0.04 < 1.00		verified	(0.04)
BENDING - PLASTIC MOMENT (WITHOUT BRACKETS)				
$W_{plb} =$	484.03	[cm ³]	Plastic section modulus	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{b,pl,Rd} =$	113.75	[kN*m]	Plastic resistance of the section for bending (without stiffeners)	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
BENDING ON THE CONTACT SURFACE WITH PLATE OR CONNECTED ELEMENT				
$W_{pl} =$	870.70	[cm ³]	Plastic section modulus	EN1993-1-1:[6.2.5]
$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{cb,Rd} =$	204.61	[kN*m]	Design resistance of the section for bending	EN1993-1-1:[6.2.5]
FLANGE AND WEB - COMPRESSION				
$M_{cb,Rd} =$	204.61	[kN*m]	Design resistance of the section for bending	EN1993-1-1:[6.2.5]
$h_f =$	398	[mm]	Distance between the centroids of flanges	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$				
$F_{c,fb,Rd} =$	513.75	[kN]	Resistance of the compressed flange and web	[6.2.6.7.(1)]
WEB OR BRACKET FLANGE - COMPRESSION - LEVEL OF THE BEAM BOTTOM FLANGE				
Bearing:				
$\beta =$	0.0	[Deg]	Angle between the front plate and the beam	
$\gamma =$	25.0	[Deg]	Inclination angle of the bracket plate	
$b_{eff,c,wb} =$	177	[mm]	Effective width of the web for compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vb} =$	22.14	[cm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\alpha =$	0.86		Reduction factor for interaction with shear	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} =$	140.83	[MPa]	Maximum compressive stress in web	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	1.00		Reduction factor conditioned by compressive stresses	[6.2.6.2.(2)]
$F_{c,wb,Rd1} = [\alpha k_{wc} b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$				
$F_{c,wb,Rd1} =$	504.08	[kN]	Beam web resistance	[6.2.6.2.(1)]
Buckling:				
$d_{wb} =$	220	[mm]	Height of compressed web	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	0.93		Plate slenderness of an element	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	0.84		Reduction factor for element buckling	[6.2.6.2.(1)]
$F_{c,wb,Rd2} = [\alpha k_{wc} \rho b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M1}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$				
$F_{c,wb,Rd2} =$	425.02	[kN]	Beam web resistance	[6.2.6.2.(1)]
Resistance of the bracket flange				
$F_{c,wb,Rd3} = b_b t_b f_{yb} / (0.8 \gamma_{M0})$				
$F_{c,wb,Rd3} =$	475.88	[kN]	Resistance of the bracket flange	[6.2.6.7.(1)]
Final resistance:				
$F_{c,wb,Rd,low} = \min(F_{c,wb,Rd1}, F_{c,wb,Rd2}, F_{c,wb,Rd3})$				
$F_{c,wb,Rd,low} =$	425.02	[kN]	Beam web resistance	[6.2.6.2.(1)]

COLUMN RESISTANCES**WEB PANEL - SHEAR**

$M_{b1,Ed}$	=	80.00	[kN*m]	Bending moment (right beam)	[5.3.(3)]
$M_{b2,Ed}$	=	0.00	[kN*m]	Bending moment (left beam)	[5.3.(3)]
$V_{c1,Ed}$	=	0.00	[kN]	Shear force (lower column)	[5.3.(3)]
$V_{c2,Ed}$	=	0.00	[kN]	Shear force (upper column)	[5.3.(3)]
z	=	326	[mm]	Lever arm	[6.2.5]
$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$					
$V_{wp,Ed}$	=	245.64	[kN]	Shear force acting on the web panel	[5.3.(3)]
A_{vs}	=	25.68	[cm ²]	Shear area of the column web	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
A_{vc}	=	25.68	[cm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
d_s	=	432	[mm]	Distance between the centroids of stiffeners	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,fc,Rd}$	=	1.01	[kN*m]	Plastic resistance of the column flange for bending	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,sl,Rd}$	=	0.56	[kN*m]	Plastic resistance of the upper transverse stiffener for bending	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,sl,Rd}$	=	0.56	[kN*m]	Plastic resistance of the lower transverse stiffener for bending	[6.2.6.1.(4)]
$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,sl,Rd} + M_{pl,sl,Rd}) / d_s)$					
$V_{wp,Rd}$	=	320.88	[kN]	Resistance of the column web panel for shear	[6.2.6.1]

$$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1.0 \quad 0.77 < 1.00 \quad \text{verified} \quad (0.77)$$

WEB - TRANSVERSE COMPRESSION - LEVEL OF THE BEAM BOTTOM FLANGE**Bearing:**

t_{wc}	=	7	[mm]	Effective thickness of the column web	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc}$	=	204	[mm]	Effective width of the web for compression	[6.2.6.2.(1)]
A_{vc}	=	25.68	[cm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
ω	=	0.84		Reduction factor for interaction with shear	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed}$	=	0.00	[MPa]	Maximum compressive stress in web	[6.2.6.2.(2)]
k_{wc}	=	1.00		Reduction factor conditioned by compressive stresses	[6.2.6.2.(2)]
A_s	=	11.43	[cm ²]	Area of the web stiffener	EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$					
$F_{c,wc,Rd1}$	=	555.31	[kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Buckling:

d_{wc}	=	249	[mm]	Height of compressed web	[6.2.6.2.(1)]
λ_p	=	0.99		Plate slenderness of an element	[6.2.6.2.(1)]
ρ	=	0.81		Reduction factor for element buckling	[6.2.6.2.(1)]
λ_s	=	5.60		Stiffener slenderness	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
χ_s	=	1.00		Buckling coefficient of the stiffener	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$					
$F_{c,wc,Rd2}$	=	499.75	[kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Final resistance:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min}(F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$					
$F_{c,wc,Rd}$	=	499.75	[kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

GEOMETRICAL PARAMETERS OF A CONNECTION

EFFECTIVE LENGTHS AND PARAMETERS - COLUMN FLANGE

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	19	–	40	–	70	122	139	122	139	131	111	111	111
2	19	–	40	–	70	122	128	122	128	140	70	70	70
3	19	–	40	–	105	122	128	122	128	210	105	105	105
4	19	–	40	–	105	122	128	122	128	210	105	105	105
5	19	–	40	–	70	122	225	122	225	131	196	131	196

EFFECTIVE LENGTHS AND PARAMETERS - FRONT PLATE

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	26	–	33	–	70	164	164	164	164	152	127	127	127
2	26	–	33	–	70	164	145	145	145	140	70	70	70
3	26	–	33	–	105	164	145	145	145	210	105	105	105
4	26	–	33	–	105	164	145	145	145	210	105	105	105
5	26	–	33	–	70	164	145	145	145	152	107	107	107

- m – Bolt distance from the web
 m_x – Bolt distance from the beam flange
 e – Bolt distance from the outer edge
 e_x – Bolt distance from the horizontal outer edge
 p – Distance between bolts
 $l_{eff,cp}$ – Effective length for a single bolt in the circular failure mode
 $l_{eff,nc}$ – Effective length for a single bolt in the non-circular failure mode
 $l_{eff,1}$ – Effective length for a single bolt for mode 1
 $l_{eff,2}$ – Effective length for a single bolt for mode 2
 $l_{eff,cp,g}$ – Effective length for a group of bolts in the circular failure mode
 $l_{eff,nc,g}$ – Effective length for a group of bolts in the non-circular failure mode
 $l_{eff,1,g}$ – Effective length for a group of bolts for mode 1
 $l_{eff,2,g}$ – Effective length for a group of bolts for mode 2

CONNECTION RESISTANCE FOR TENSION

$F_{t,Rd} = 113.04$ [kN] Bolt resistance for tension [Table 3.4]

$B_{p,Rd} = 139.41$ [kN] Punching shear resistance of a bolt [Table 3.4]

$$N_{j,Rd} = \min(N_{tb,Rd}, n_v n_h F_{t,Rd}, n_v n_h B_{p,Rd})$$

$N_{j,Rd} = 1079.71$ [kN] Connection resistance for tension [6.2]

$$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1.0 \quad 0.05 < 1.00 \quad \text{verified} \quad (0.05)$$

CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING

$F_{t,Rd} = 113.04$ [kN] Bolt resistance for tension [Table 3.4]

$B_{p,Rd} = 139.41$ [kN] Punching shear resistance of a bolt [Table 3.4]

$F_{t,fc,Rd}$ – column flange resistance due to bending

$F_{t,wc,Rd}$ – column web resistance due to tension

$F_{t,ep,Rd}$ – resistance of the front plate due to bending

$F_{t,wb,Rd}$ – resistance of the web in tension

$$F_{t,fc,Rd} = \min(F_{T,1,fc,Rd}, F_{T,2,fc,Rd}, F_{T,3,fc,Rd}) \quad [6.2.6.4], [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

$$F_{t,ep,Rd} = \min(F_{T,1,ep,Rd}, F_{T,2,ep,Rd}, F_{T,3,ep,Rd}) \quad [6.2.6.5], [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.8.(1)]$$

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 1

$F_{t1,Rd,comp}$ - Formula	$F_{t1,Rd,comp}$	Component
$F_{t,fc,Rd(1)} = 168.47$	168.47	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(1)} = 190.27$	190.27	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(1)} = 226.08$	226.08	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(1)} = 253.80$	253.80	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 278.82$	278.82	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta = 320.88$	320.88	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} = 499.75$	499.75	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} = 513.75$	513.75	Beam flange - compression
$F_{c,wb,Rd} = 425.02$	425.02	Beam web - compression
$F_{t1,Rd} = \min(F_{t1,Rd,comp})$	168.47	Bolt row resistance

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 2

$F_{t2,Rd,comp}$ - Formula	$F_{t2,Rd,comp}$	Component
$F_{t,fc,Rd(2)} = 164.89$	164.89	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(2)} = 190.27$	190.27	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(2)} = 226.08$	226.08	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(2)} = 224.58$	224.58	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 278.82$	278.82	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 320.88 - 168.47$	152.41	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 499.75 - 168.47$	331.27	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 513.75 - 168.47$	345.27	Beam flange - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 425.02 - 168.47$	256.54	Beam web - compression
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 249.79 - 168.47$	81.31	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 261.84 - 168.47$	93.37	Column web - tension - group
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 409.14 - 168.47$	240.66	Front plate - tension - group

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 3

$F_{t3,Rd,comp}$ - Formula	$F_{t3,Rd,comp}$	Component
$F_{t,fc,Rd(3)} = 164.89$	164.89	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(3)} = 190.27$	190.27	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(3)} = 226.08$	226.08	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(3)} = 224.58$	224.58	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 278.82$	278.82	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 320.88 - 249.79$	71.09	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 499.75 - 249.79$	249.96	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 513.75 - 249.79$	263.96	Beam flange - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 425.02 - 249.79$	175.23	Beam web - compression
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 242.08 - 81.31$	160.77	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 255.67 - 81.31$	174.36	Column web - tension - group
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 395.03 - 249.79$	145.25	Column flange - tension - group

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 4

$F_{i,Rd,comp}$ - Formula	$F_{i,Rd,comp}$	Component
$F_{t,fc,Rd(4)} = 164.89$	164.89	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(4)} = 190.27$	190.27	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(4)} = 226.08$	226.08	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(4)} = 224.58$	224.58	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 278.82$	278.82	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 320.88 - 320.88$	0.00	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 499.75 - 320.88$	178.87	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 513.75 - 320.88$	192.86	Beam flange - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 425.02 - 320.88$	104.14	Beam web - compression
$F_{t,fc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{ij,Rd} = 290.49 - 71.09$	219.40	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{ij,Rd} = 292.17 - 71.09$	221.08	Column web - tension - group
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{ij,Rd} = 387.32 - 152.41$	234.92	Column flange - tension - group

The remaining bolts are inactive (they do not carry loads) because resistance of one of the connection components has been used up or these bolts are positioned below the center of rotation.

SUMMARY TABLE OF FORCES

Nr	h_j	$F_{ij,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	361	168.47	168.47	190.27	226.08	253.80	226.08	278.82
2	291	81.31	164.89	190.27	226.08	224.58	226.08	278.82
3	221	71.09	164.89	190.27	226.08	224.58	226.08	278.82
4	81	-	164.89	190.27	226.08	224.58	226.08	278.82
5	11	-	169.05	190.27	226.08	224.58	226.08	278.82

CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{ij,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 100.09 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Connection resistance for bending} \quad [6.2]$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1.0 \quad 0.80 < 1.00 \quad \text{verified} \quad (0.80)$$

CONNECTION RESISTANCE FOR SHEAR

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{Coefficient for calculation of } F_{v,Rd} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$\beta_{Lf} = 0.97 \quad \text{Reduction factor for long connections} \quad [3.8]$$

$$F_{v,Rd} = 93.19 \quad [\text{kN}] \quad \text{Shear resistance of a single bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$F_{t,Rd,max} = 113.04 \quad [\text{kN}] \quad \text{Tensile resistance of a single bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$F_{b,Rd,int} = 123.26 \quad [\text{kN}] \quad \text{Bearing resistance of an intermediate bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$F_{b,Rd,ext} = 123.26 \quad [\text{kN}] \quad \text{Bearing resistance of an outermost bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	226.08	10.00	168.47	134.66	144.66	101.20
2	226.08	10.00	81.31	64.99	74.99	142.22
3	226.08	10.00	71.09	56.82	66.82	147.03
4	226.08	10.00	0.00	0.00	10.00	180.50
5	226.08	10.00	0.00	0.00	10.00	180.50

$F_{tj,Rd,N}$ – Bolt row resistance for simple tension

$F_{tj,Ed,N}$ – Force due to axial force in a bolt row

$F_{tj,Rd,M}$ – Bolt row resistance for simple bending

$F_{tj,Ed,M}$ – Force due to moment in a bolt row

$F_{tj,Ed}$ – Maximum tensile force in a bolt row

$F_{vj,Rd}$ – Reduced bolt row resistance

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \min(n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum_1^n F_{vj,Rd}$$

[Table 3.4]

$$V_{j,Rd} = 751.45 \quad [\text{kN}] \quad \text{Connection resistance for shear}$$

[Table 3.4]

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1.0$$

$$0.03 < 1.00$$

verified

$$(0.03)$$

WELD RESISTANCE

$$A_w = 90.70 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area of all welds} \quad [4.5.3.2(2)]$$

$$A_{wy} = 56.06 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area of horizontal welds} \quad [4.5.3.2(2)]$$

$$A_{wz} = 34.64 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area of vertical welds} \quad [4.5.3.2(2)]$$

$$I_{wy} = 20256.27 \quad [\text{cm}^4] \quad \text{Moment of inertia of the weld arrangement with respect to the hor. axis} \quad [4.5.3.2(5)]$$

$$\sigma_{\perp,max} = \tau_{\perp,max} = 64.82 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Normal stress in a weld} \quad [4.5.3.2(5)]$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 57.10 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Stress in a vertical weld} \quad [4.5.3.2(5)]$$

$$\tau_{\parallel} = 5.77 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tangent stress} \quad [4.5.3.2(5)]$$

$$\beta_w = 0.80 \quad \text{Correlation coefficient} \quad [4.5.3.2(7)]$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp,max}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp,max}^2))} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad 129.64 < 360.00 \quad \text{verified} \quad (0.36)$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2))} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad 114.64 < 360.00 \quad \text{verified} \quad (0.32)$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2} \quad 64.82 < 259.20 \quad \text{verified} \quad (0.25)$$

CONNECTION STIFFNESS

$$t_{wash} = 4 \quad [\text{mm}] \quad \text{Washer thickness} \quad [6.2.6.3.(2)]$$

$$h_{head} = 12 \quad [\text{mm}] \quad \text{Bolt head height} \quad [6.2.6.3.(2)]$$

$$h_{nut} = 16 \quad [\text{mm}] \quad \text{Bolt nut height} \quad [6.2.6.3.(2)]$$

$$L_b = 53 \quad [\text{mm}] \quad \text{Bolt length} \quad [6.2.6.3.(2)]$$

$$k_{t0} = 5 \quad [\text{mm}] \quad \text{Stiffness coefficient of bolts} \quad [6.3.2.(1)]$$

STIFFNESSES OF BOLT ROWS

Nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	k _{eff,j}	k _{eff,j} h _j	$\frac{k_{eff,j}}{h_j^2}$
1	361	2	17	52	1	4.53	163.34
2	291	1	10	29	1	2.55	74.05
3	221	2	16	43	1	2.66	58.63
4	81	2	16	43	1	0.97	7.84
5	11	2	18	44	1	0.14	0.15
					Sum	10.85	304.01

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_3^5 (1/k_{ij})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

$$z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$$

$$z_{eq} = 280 \quad [mm] \quad \text{Equivalent force arm} \quad [6.3.3.1.(3)]$$

$$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / z_{eq}$$

$$k_{eq} = 4 \quad [mm] \quad \text{Equivalent stiffness coefficient of a bolt arrangement} \quad [6.3.3.1.(1)]$$

$$A_{vc} = 25.68 \quad [cm^2] \quad \text{Shear area} \quad \text{EN1993-1-1: [6.2.6.(3)]}$$

$$\beta = 1.00 \quad \text{Transformation parameter} \quad [5.3.(7)]$$

$$z = 280 \quad [mm] \quad \text{Lever arm} \quad [6.2.5]$$

$$k_1 = 3 \quad [mm] \quad \text{Stiffness coefficient of the column web panel subjected to shear} \quad [6.3.2.(1)]$$

$$k_2 = \quad \text{Stiffness coefficient of the compressed column web} \quad [6.3.2.(1)]$$

$$S_{j,ini} = E z_{eq}^2 / \sum_i (1/k_1 + 1/k_2 + 1/k_{eq}) \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_{j,ini} = 30235.16 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Initial rotational stiffness} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$\mu = 1.63 \quad \text{Stiffness coefficient of a connection} \quad [6.3.1.(6)]$$

$$S_j = S_{j,ini} / \mu \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 18525.67 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Final rotational stiffness} \quad [6.3.1.(4)]$$

Connection classification due to stiffness.

$$S_{j,rig} = 19453.66 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Stiffness of a rigid connection} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,pin} = 1215.85 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Stiffness of a pinned connection} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig} \quad \text{RIGID}$$

WEAKEST COMPONENT:

COLUMN WEB PANEL - SHEAR

REMARKS

Bolt in a beam flange or too close to beam flange. $4 [mm] < 8 [mm]$

Connection conforms to the code

Ratio 0.80

Закључак

У машиноградњи и грађевинарству се у последњих неколико векова све више користи челик као основни материјал. Примена челика је јако битна код носећих конструкција због његових механичких карактеристика и особина. Користи се при скоро свим могућим атмосферским условима уз потребну заштиту материјала и његово одржавање. Налази примену у индустрији и машиноградњи али и у грађевинарству при изградњи индустријских и спортских хала, хангара, мостова, водоторњева, силоса и још много тога. Алуминијум и композитни материјали су уз челик веома често примењивани у савременим конструкцијама.

Поред прорачуна и конструисања носећих елемената металних конструкција, веома је важно и исправно пројектовање моћусобних спојева носећих елемената. Саставни део пројектне документације треба да буде и провера сигурности спојева. Спојеви могу бити под правим и неким мањим углом и спојеви којима се носачи или стубови настављају. Средства везе су завртњеве, закивци, заварени спојеви, чепови, зглобови ау најновије време у употреби су специјални лепкови за металне конструкције.

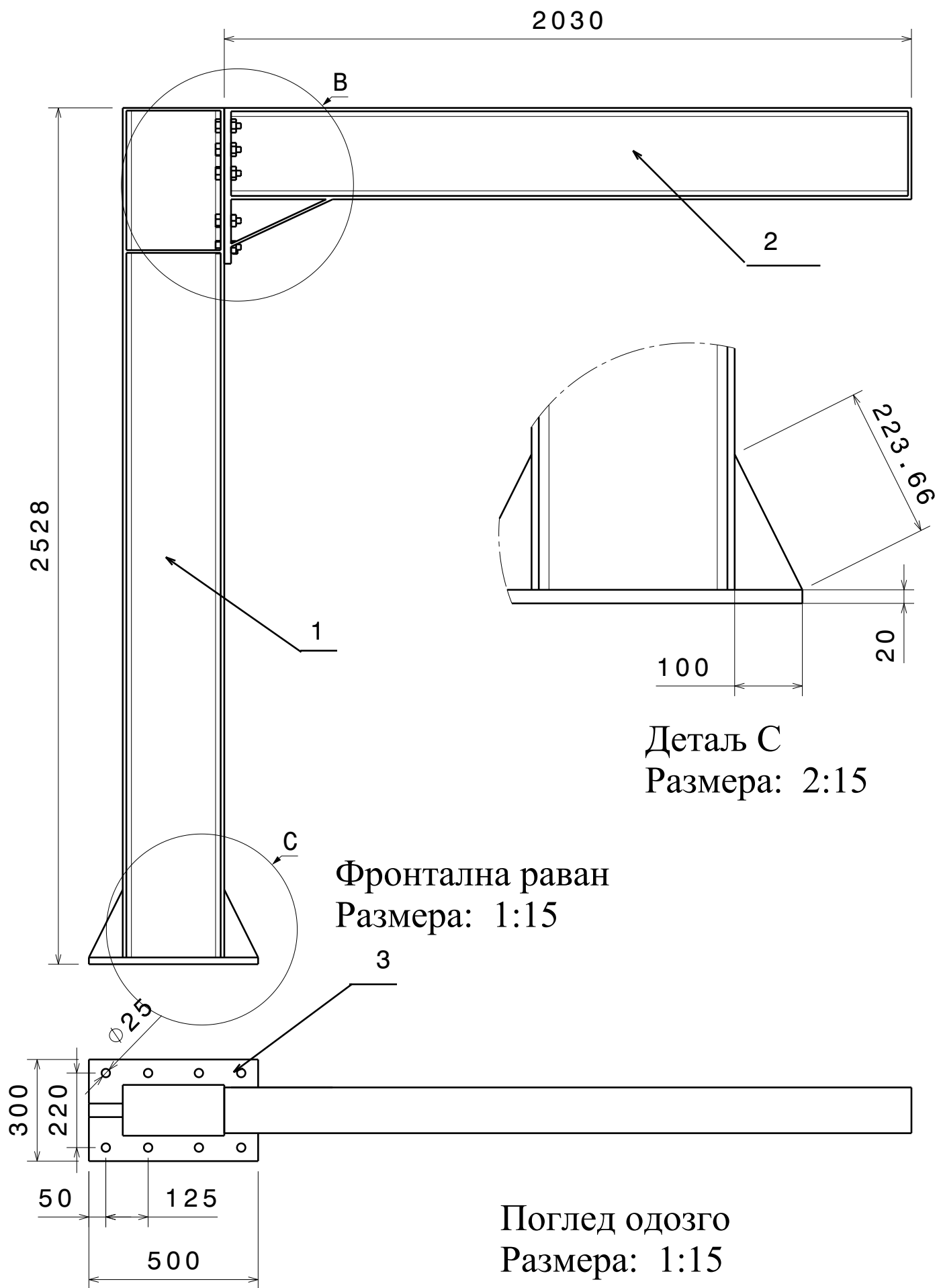
Као и у свим сферама данашњег друштва а посебно у инжењерским пословима употреба рачунара и савремених софтвера, како за моделирање тако и за прорачун и израду техничке документације је неопходна. Тако се добије добар квалитет конструкције за много мање времена.

Да би извршили подизање и премештање терете, помажу нам разноразна дизалично-транспортна средства. Дизалице налазе велику примену и постале су не заменљиве како у грађевинарству, мостоградњи тако и у индустрији. Може се извршити подела на кранске дизалице, мостне, лучке, порталне, конзоле итд. Дизалице у великој ери смањују време и радну снагу и убразавају изградње.

Конзолна дизалица је често коришћена у индустријским халама и на мањим градилиштима. У раду је дат пример везивања конзолног носача за стуб конзолне дизалице завртњевима. Ова веза је моделирана и прорачуната на класичан начин и проверена у модерном софтверском пакету Robot structural analysis. Овај пакет је омогућио 3Д моделирање, проверу везе по Еврокод стандарду и такође израду техничке документације која је потребна за монтирање конструкције.

Литература

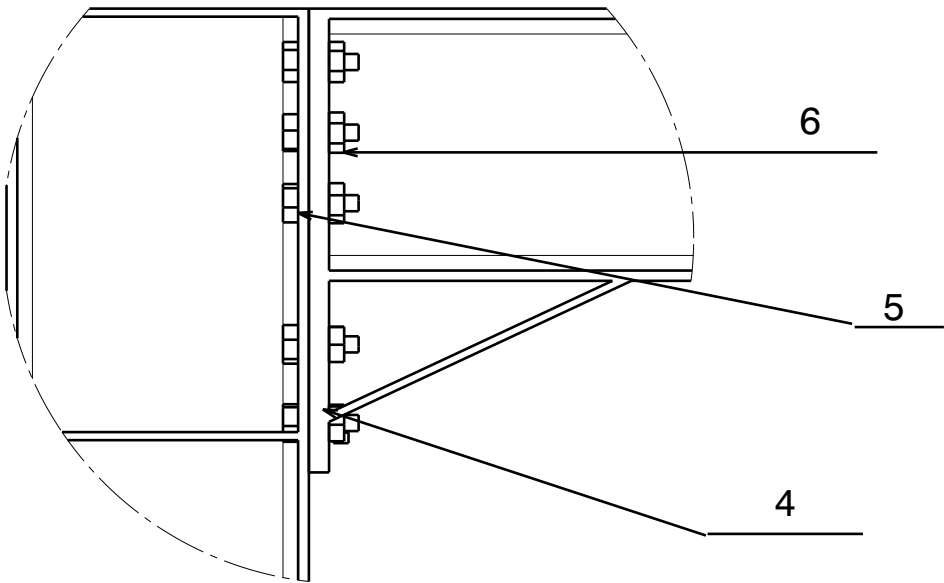
- [1] Петковић З., Острић Д., Металне конструкције у машиноградњи, Институт за механизацију, Машински факултет у Београду, Београд 1996.
- [2] Бабин Н., Бркљач Н., Шостаков Р., Металне конструкције, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2006.
- [3] Буђевац Д., Марковић З., Богавац Д., Тошић Д., Металне конструкције – Основе прорачуна и конструисања, Грађевински факултет у Београду, Београд, 1997.
- [4] Мијајловић Р., Маринковић З., Јовановић М., Дизалице, Машински факултет, Ниш, 1994.
- [5] Милорадовић Н., Вујанац Р., Дизалични уређаји- Збирка решених задатака, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2018.
- [6] Острић Д., Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992.
- [7] http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/84059/mod_resource/content/3/OTM_14.pdf , преузето Септембар, 2019.
- [8] http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/84056/mod_resource/content/3/OTM_12.pdf , преузето Септембар, 2019.
- [9] https://de.123rf.com/photo_45370445_kran-und-gebäude-baustelle-gefilterte-bild-verarbeitet-vintage-effekt-.html преузето Октобар, 2019.
- [10] http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/84057/mod_resource/content/3/OTM_13.pdf преузето Октобар, 2019.
- [11] <http://www.cranesetc.co.uk/library/nzgreviews/730/730review.htm> преузето Октобар, 2019.
- [12] http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/83160/mod_resource/content/3/OTM_09.pdf преузето Октобар, 2019.



Детаљ С
Размера: 2:15

Фронтална раван
Размера: 1:15

Поглед одозго
Размера: 1:15



Детаљ В
Размера: 2:15

6	10	Навртка	M16	Steel
5	10	Завртањ	M16 x60	Steel
4	1	Ламела	460x20x135	S235 JRG 2
3	1	Ламела	500x20x300	S235 JRG 2
2	1	I профил	IPE 270	S 235
1	1	I профил	IPE 300	S 235
Поз.	Ком.	Назив	Опис	Материјал
Толеранција слободних мера ±0,1		Површинска храпавост		Површинска заштита
Материјал Конструкциони челик			Термичка обрада	
			Формат A3	Маса Размера 1:15
			Назив: Конзолна дизалица	
			Ознака: Лист: Л	
Ст.и.	Измене	Датум	Име	Машински конструкције и механизација
			Изд. под.	Замена за: