

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: 52/2012

Саша Д. Милићевић

**Прорачун и начин конструктивног обликовања
веза под углом**

Завршни рад

Комисија за одбрану:

1. Др Весна Марјановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да опише прорачун и конструисање веза под углом, зглобне и круте везе, везе пуних носача под углом као и анализа контроле напона у подужном носачу.

Препоручена литература:

- [1] Буђевац Д., Марковић З. и др., Металне конструкције -Основи прорачуна и конструисања, Грађевински факултет универзитет у Београду, Београд, 1997.
- [2] Домазет Ж., Крстуловић-Опара Л., Предлози за предавања из Металних конструкција и Конструисања, Факултет електротехнике стројарства и бродоградње, Сплит, 2006.
- [3] Митровић С., Ђорђевић Р., Металне и дрвене конструкције 1, Висока грађевинска-геодетска школа, Београд, 2011.
- [4] http://www.grf.bg.ac.rs/p/learning/p17_mk_2016_2017_1478579524612.pdf , преузето Октобар 2016.
- [5] Николић Р., Марјановић В., Металне конструкције – приручник за прорачуне, Машински факултет у Крагујевцу, 1998.
- [6] Николић Р., Вељковић Ј., Марјановић В., Металне конструкције – збирка решених задатака, Машински факултет, Крагујевац, 2013.
- [7] Буђевац Д., Зарић Б., Челичне конструкције у Грађевинарству, ИРО „Грађевинска књига“, Београд 1995.

Крагујевац, фебруар 2017.

ментор:

Др Весна Марјановић

РЕЗИМЕ

У оквиру овог завршног рада обрађена је тема образовања различитих металних конструкција са нагласком на обликовање веза под углом. Дат је преглед начина образовања металних конструкција, употреба одговарајућих материјала, стандардни машински елементи који се користе, прорачуна конструкција и саставних елемената, као и сигурност и стабилност конструкције.

Пошто се металне конструкције појављују у многим областима машинства и грађевинарства, потребно је пре њихове израде одрадiti детаљну анализу и прорачуне свих саставних елемената конструкције, како би се повећали економичност, сигурност и заштита људи и животне средине. Основни циљ завршног рада је да се повежу теоријске информације о обликовању веза под углом са задатим проблемом из праксе, тј. да се прорачуна спој који ће пренети задато оптерећење у радним условима. Користећи означавање по новим стандардима који се користе у области машинства у Р. Србији, као и програмске пакете за израду техничке документације, омогућено је да се лакше и брже успостави комуникација на свим нивоима од почетка до краја израде металних конструкција. Овај рад ће послужити као подлога за израду варијантних радова.

Кључне речи: конструкција, стандарди, анализа, обликовање, сигурност.

SUMMARY

Within this final paper the subject of education of various metal constructions has been studied, with an emphasis on the formation of links at an angle. An overview of how to construct metal structures, the use of suitable materials, the standard machine elements used, the calculation of structures and components, as well as the safety and stability of the construction are given.

Since constructions appear in many fields of mechanical engineering and construction, it is necessary to do a detailed analysis and calculations of all the structural elements of the construction before their creation in order to increase the economy, safety and protection of people and the environment. The main goal of the final work is to connect theoretical information on the formation of connections at an angle with the given problem of practice, i.e. to calculate a coupling that will transmit a given load in working conditions. Using the marking according to the new standards used in the field of mechanical engineering in R. Serbia, as well as software packages for the production of technical documentation, has made it possible to establish communication at all levels easier and faster from the beginning to the end of the construction of metal structures. This work will serve as a basis for the development of variant works.

Keywords: construction, standards, analysis, design, security.

САДРЖАЈ

САДРЖАЈ	1
УВОД.....	2
1.ПРОРАЧУН И КОНСТРУИСАЊЕ ВЕЗА ПОД УГЛОМ.....	3
1.1 Зглобне везе	5
1.1.1 Везе са прикључним лимом	6
1.1.2 Везе са прикључним угаонцима	11
1.1.3 Везе са чеоном плочом	15
1.1.4 Везе остварене помоћу столице	17
2.1 Круте везе.....	19
2.1.1 Круте везе са чеоним плочама и преднапрегнутим високовредним завртњевима	19
2.1.2 Прорачун и конструкцијско обликовање ножице стуба.....	20
2.1.3 Прорачун завртњева за везу чеоне плоче.....	22
2.1.4 Прорачун шавова за везу носача.....	23
2.2 Круте везе носача са континуитет ламелом.....	23
3.ВЕЗЕ ПУНИХ НОСАЧА ПОД УГЛОМ	28
4.КОНТРОЛА НАПОНА У ПОДУЖНОМ НОСАЧУ	29
4.1. Прорачун континуитет ламеле.....	29
4.2. Пријем реакције подужног носача.....	31
ЗАКЉУЧАК.....	32
ЛИТЕРАТУРА.....	33

УВОД

Под појмом металне конструкције подразумевају се конструкције које су потпуно или делимично израђене од метала. Делови уграђени у конструкцију међусобно су повезани и сачињавају функционалну целину. Конструкције према изради и примени деле се на мостове, зграде, транспортна средства (бродови, авиони, шинска возила, друмска возила, индустријска постројења, дизалице, транспортери, резервоари, постоља).

Као материјал за израду металних конструкција у највећој мери примењује се челик, а затим и алуминијум. Што се тиче специфичности израде, металне конструкције карактерише мала машинска дорада.

Металне конструкције деле се на решеткасте и лимене конструкције. У свакој конструкцији циљ је постићи најекономичније искоришћење материјала уз истовремено задовољење намене и преношење оптерећења. Избор конструкције зависи од врста напрезања која се у конструкцији јављају. Осим намене конструкција мора задовољити архитектонске услове као и естетске.

Пројекат конструкције мора да садржи податке за конструкцијску разраду детаљан прорачун, усвојене технолошке поступке и начин израде конструкције. Такође треба осигурати лак приступ свим деловима ради подмазивања и заштите од корозије.

Прорачун металних конструкција подразумева одређивање једне на темељу преостале две величине. За сваку конструкцију основни задатак је да пренесе оптерећење. На основу тога бира се материјал, облик и димензије конструкције. Прорачун садржи следеће податке: податке о оптерећењу, податке о примењеном материјалу, податке о геометријским карактеристикама попречног пресека елемената, податке о напрезању, податке о стабилности, податке о деформацијама, податке о издржљивости на замор, податке о сигурности веза.

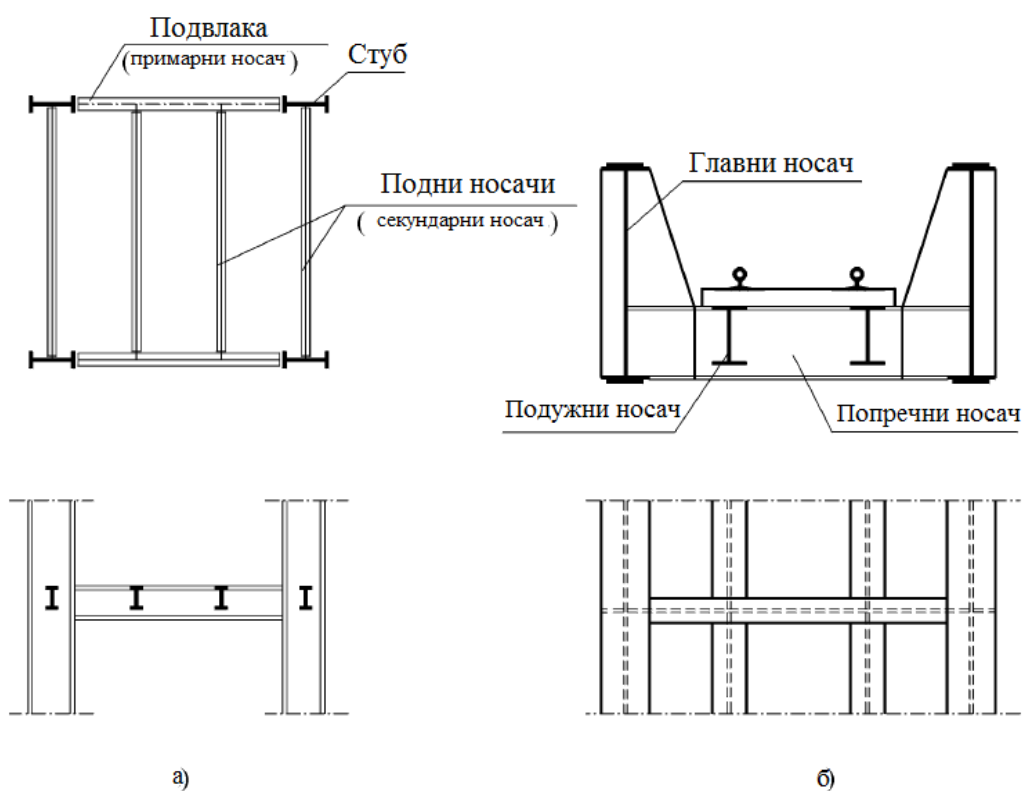
Најчешће коришћени елементи за израду металних конструкција су траке и пуни профили, лимови и профилни носачи, сложени профили и хладно обликовани профили.

Главне предности металних конструкција су потпуна фабричка израда конструкција, а самим тим и монтажа готових делова, врло мала машинска обрада, лака адаптација, могућност демонтаже и премештања, могућност комбиновања различитих материјала.

Недостаци код металних конструкција, потребно је одржавање и заштита од корозије, појава деформација услед повећања температуре приликом пожара или слично.

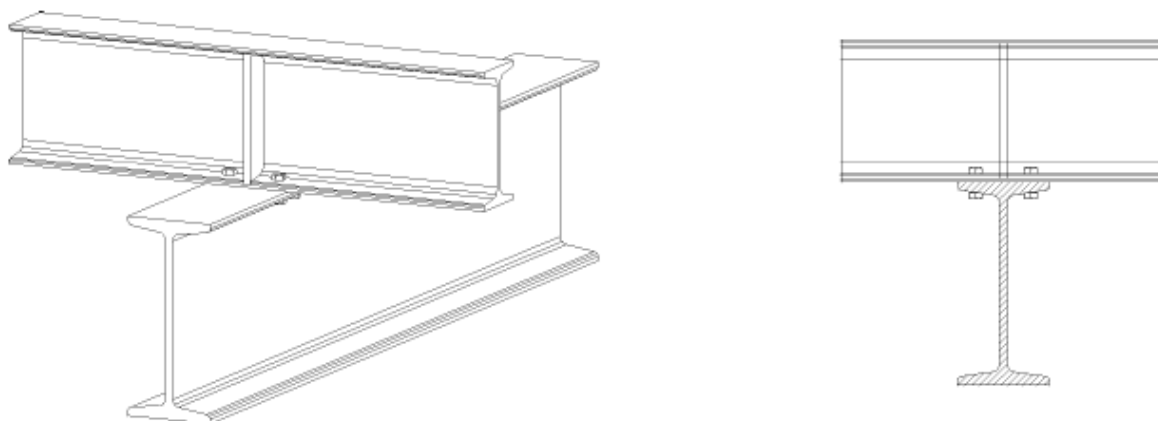
1.ПРОРАЧУН И КОНСТРУИСАЊЕ ВЕЗА ПОД УГЛОМ

Челичне конструкције се састоје од међусобно повезаних елемената. Носећи системи углавном су скелетног типа и формирани су од линијских елемената. Повезивање ових елемената у конструктивну целину остварује се везама. Такође су многобројни примери из праксе где се елементи спајају под углом. Овакве везе се у зградарству јављају између подвлака и секундарних носача и између носача и стубова (слика 1.1.а), у мостоградњи везе се јављају између попречних и подужних носача и између попречних и главних носача (слика 1.1.б). Везе под углом се највише јављају код носећих система роштиљног типа. Најчешћи угао везивања под којим се елементи везују је прав угао, али могуће су и косе везе које су доста скупље. Треба их избегавати због утрошка материјала и времена потребног за израду, [1].



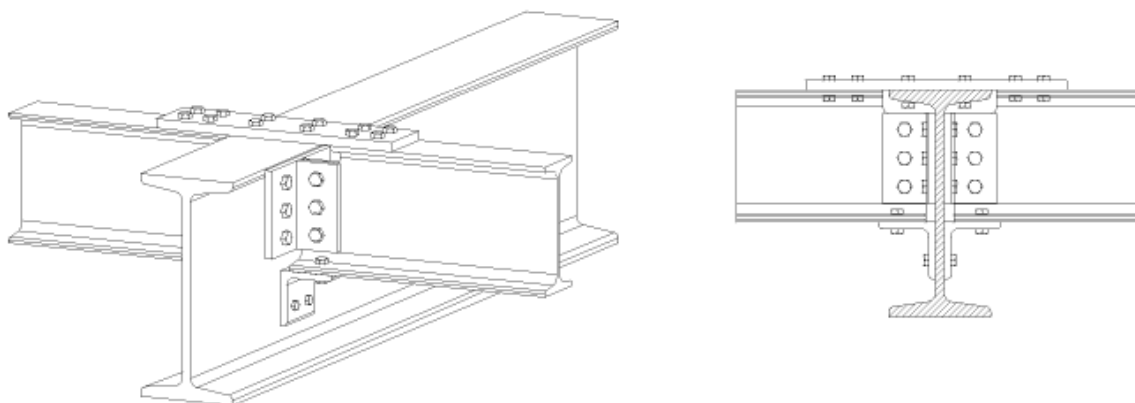
Слика 1.1. Примери веза под углом: а) у зградарству; б) у мостоградњи, [1]

Начин конструктивног обликовања веза под углом за два носача зависи од расположиве конструктивне висине конструкције. Када расположива висина није ограничена, веза се може остварити укрштањем носача, односно директним ослањањем једног носача на други носач, то је и најједноставније решење.



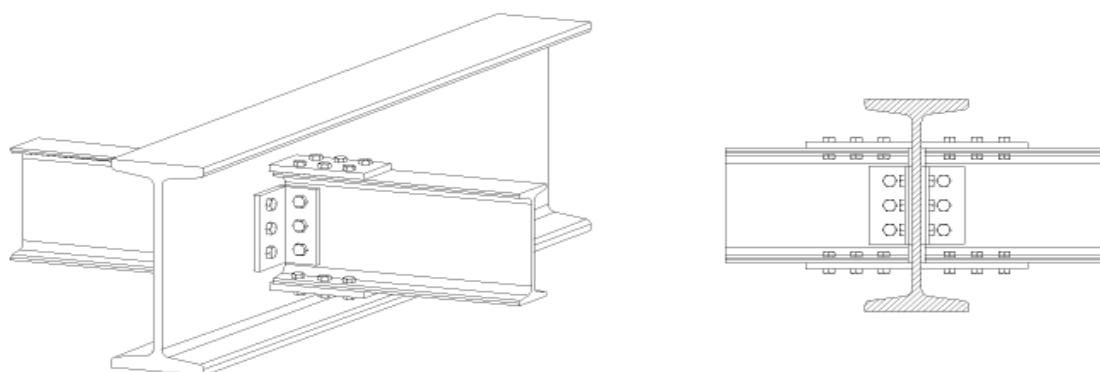
Слика 1.2. Укрштање носача, , [1]

Када је конструктивна висина ограничена, што се може јавити у чешћем случају, везивање носача се врши тако што горње ножице носача леже у истој равни.



Слика 1.3. Горње ножице носача леже у равни, , [1]

Када су конструктивне висине изразито мале може да се изврши упуштање носача, колико год да то дозвољавају функционални услови, као на пример, код постављања коловозне табле или шина код мостова.

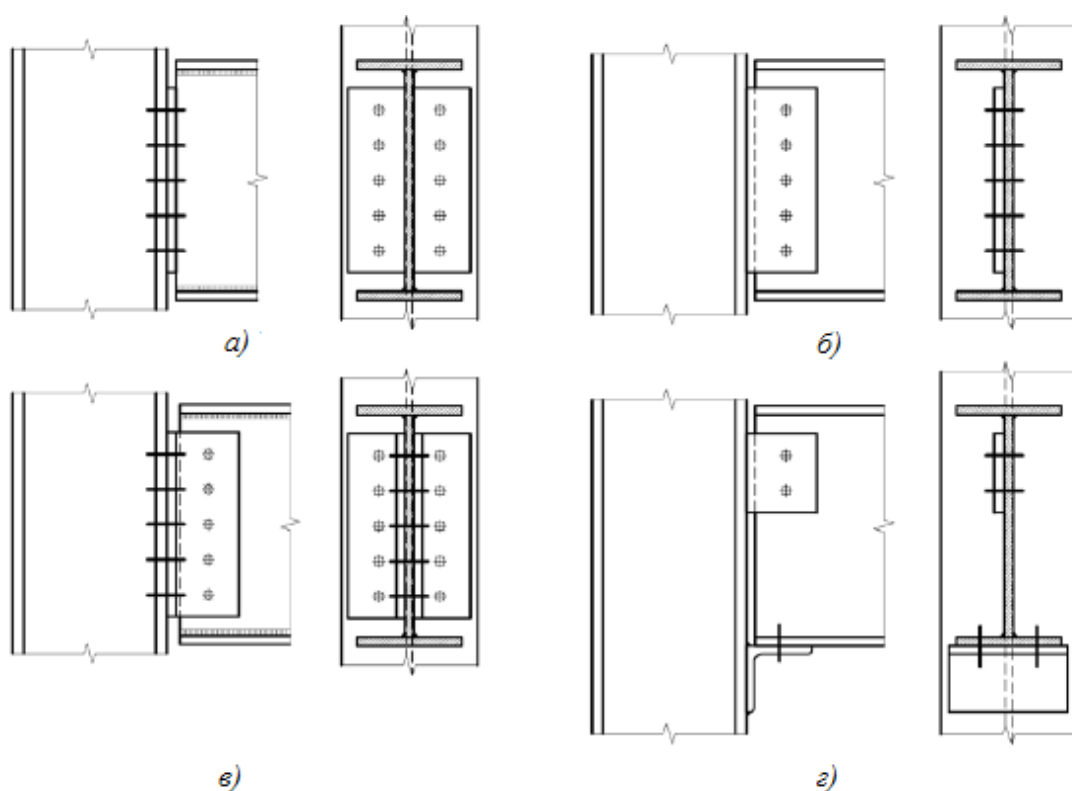


Слика 1.4. Упуштање носача, , [1]

1.1 Зглобне везе

Челичне конструкције настале од типа просте греде настају системом зглобних веза. Начин конструисања зависи од интензитета реакција у ослонцима, понашања при деформацији и односа габарита носача који се везују. У зависности од трошкова израде и начина монтаже у савременим челичним конструкцијама најчешће се примењују: [1]

- везе са прикључним лимом
- везе са прикључним угаонцима
- везе са чеоном плочом
- везе остварене помоћу столице

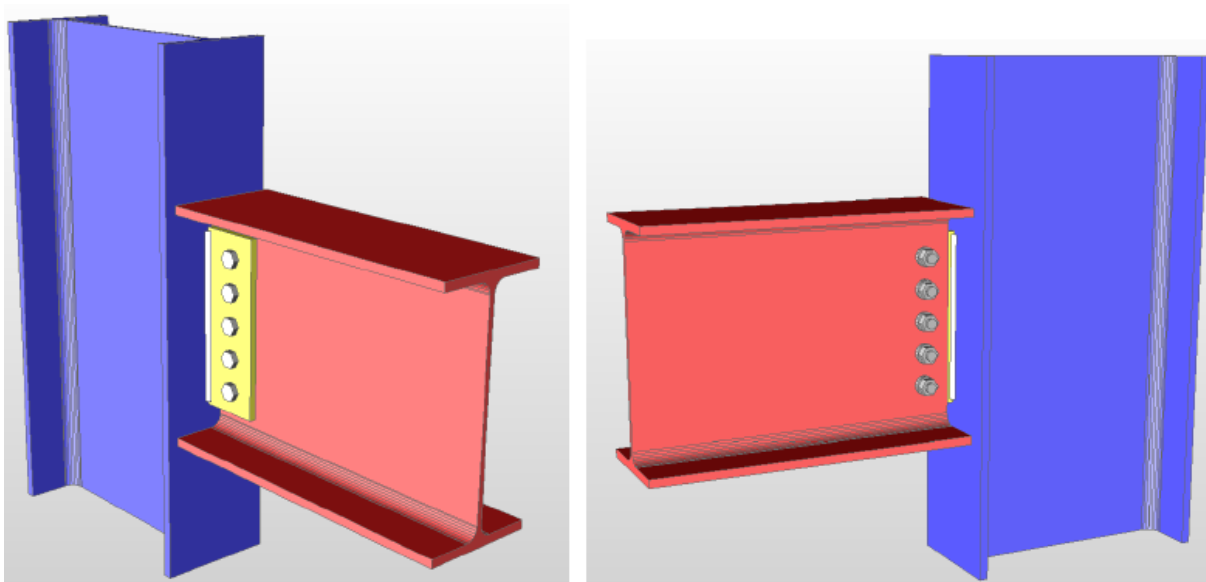


Слика 1.5. а) Везе са прикључним лимом; б) Везе са прикључним угаонцима;
в) Везе са чеоном плочом; г) Везе остварене помоћу столице, [1]

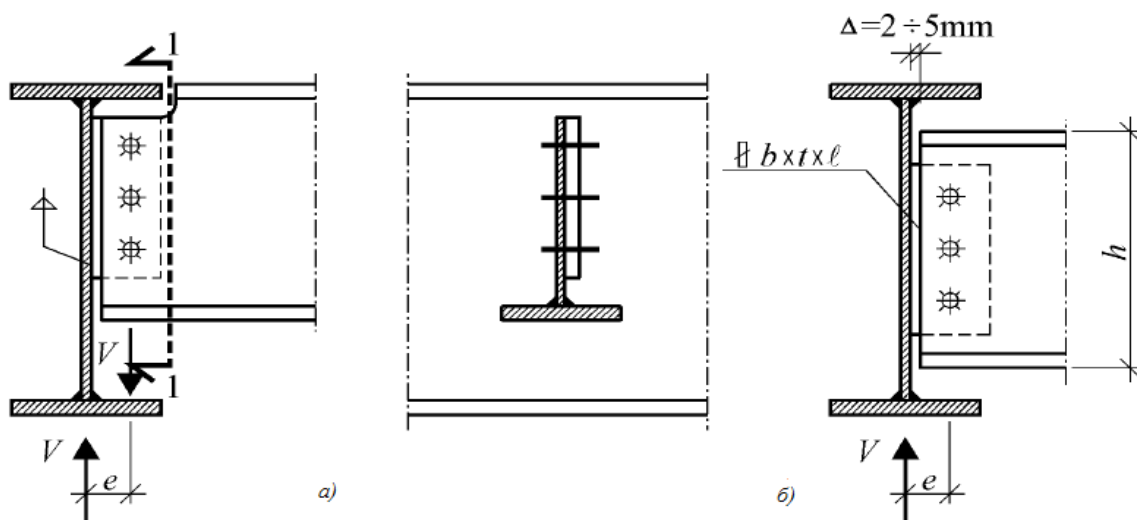
1.1.1 Везе са прикључним лимом

Зглобне везе помоћу прикључног лима су једноставне за израду јер се врши самоодсецање носача на пројектовану дужину и буше одговарајуће рупе. Монтажа је такође једноставна јер је веза приступачна, а уградња завртњева лака. Недостатак оваквих веза је велика осетљивост на бочно померање јер нема велики степен торзионог укљештења. Због тога се не препоручује примена оваквих веза за пријем реакција великих интензитета. Код ових веза јавља се момент ексцентрицитета чији интензитет зависи од ексцентрицитета везе и ослонца реакције носача. Смањење ексцентрицитета може се постићи на два начина: [1]

- засецањем једне или обе ножице у зависности од габарита који се везују
- упуштање носача који се везује



Слика 1.6. Везе са прикључним лимом, , [3]



Слика 1.6. а) Једнострано засецање ножице носача; б) Упуштање носача, [1]

Код засецања ножице носача контролише се напрезање носача у ослабљеном пресеку на најудаљенијем месту од ослоња. Контрола нормалних напона у ослабљеном пресеку врши се на основу следећег израза:

$$\sigma = \frac{M_e}{W_{y,min}} = \frac{V \cdot e}{W_{y,min}} \leq \sigma_{dop} \quad (1)$$

σ – Нормални напон

M_e – Момент савијања

V – Трансверзална сила

$W_{y,min}$ – Геометријске карактеристике засечених носача

Смичући напон одређује се на основу израза:

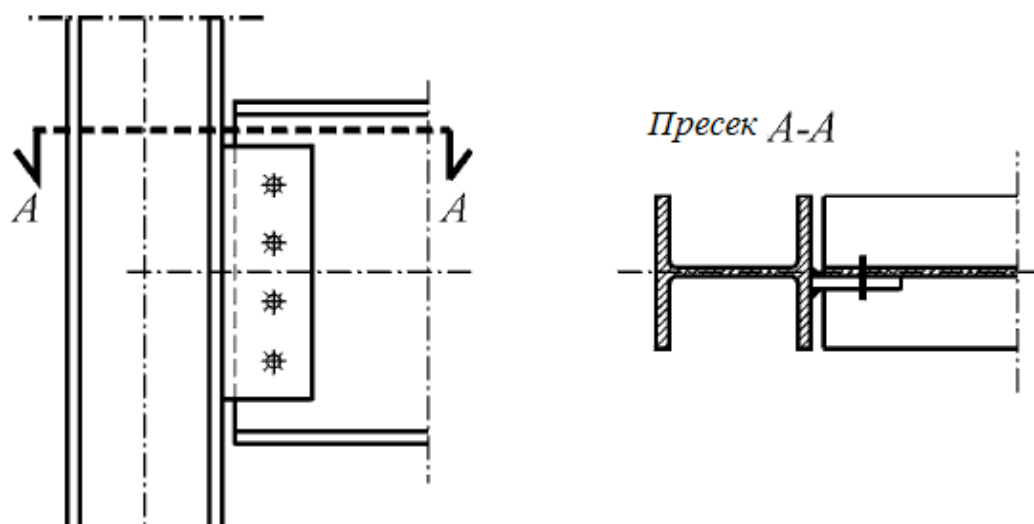
За једнострано засечен носач

$$\tau = \frac{V}{t_w \cdot (h_1 - t_f)} \quad (2)$$

За обострано засечен носач

$$\tau = \frac{V}{t_w \cdot h_1} \quad (3)$$

Да би се избегла појава великог ексцентрицитета и засецање ножица, везе под углом могу да се остваре ако се носач упусти или ако се веже за стуб.



Слика 1.7. Везе носача са стубом, [1]

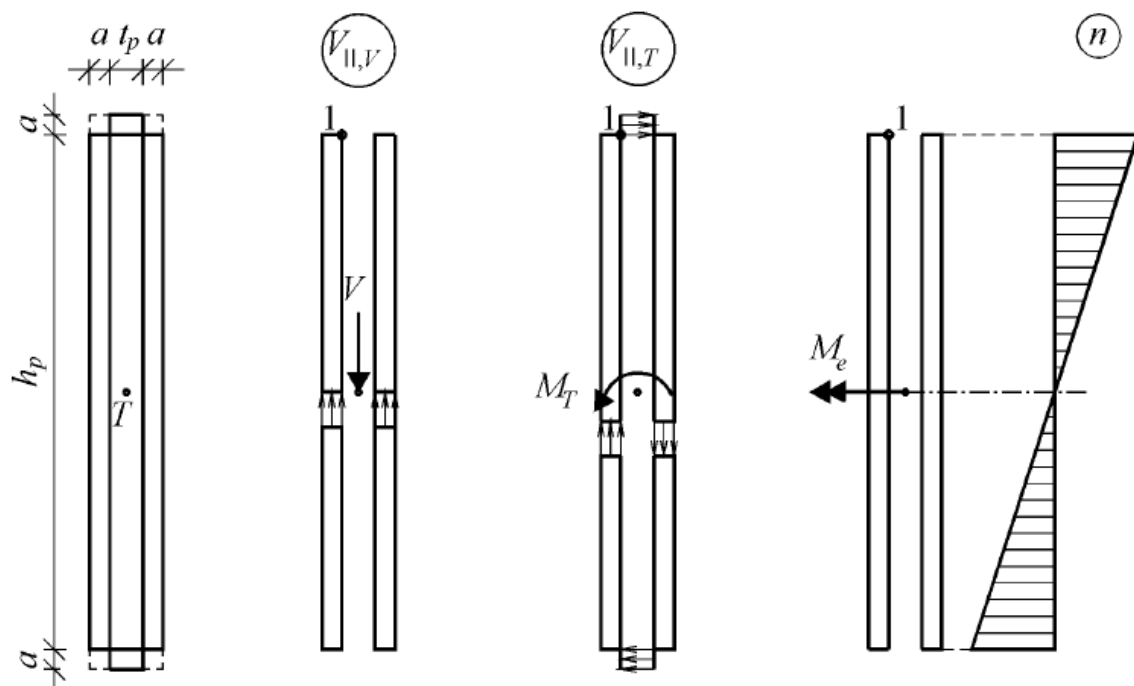
Прорачун оваквих веза заснива се на промени свих елемената везе који су неопходни за преношење силе са једног на други носач. У равни споја веза прикључног лима оптерећена је трансвезалном силом и моментима торзије и савијања који су дати у следећим изразима:

$$M_T = V \cdot \frac{(t_p + t_w)}{2} \quad (4)$$

$$M_e = V \cdot e \quad (5)$$

t_p и t_w су дебљине прикључног лима и ребра носача.

Веза прикључног лима најчешће се остварује кружним угаоним шавом који образује затворени попречни пресек око прикључног лима. Геометријско напрезање и карактеристике кружног угаоног шава.



Слика 1.8. Прорачунски модел и напрезања шава за везу прикључног лима, [1]

Контрола напона у прикључном лиму врши се на следећи начин. Контролише се максимални нормални напон према изразу:

$$\sigma_{max} = \frac{M_e}{W_p} = \frac{V \cdot e}{t_p \cdot h_p^2 / 6} \quad (6)$$

Смичући напон према изразу:

Услед трансвезалне силе:

$$\tau_v = \frac{V}{t_p \cdot h_p} \quad (7)$$

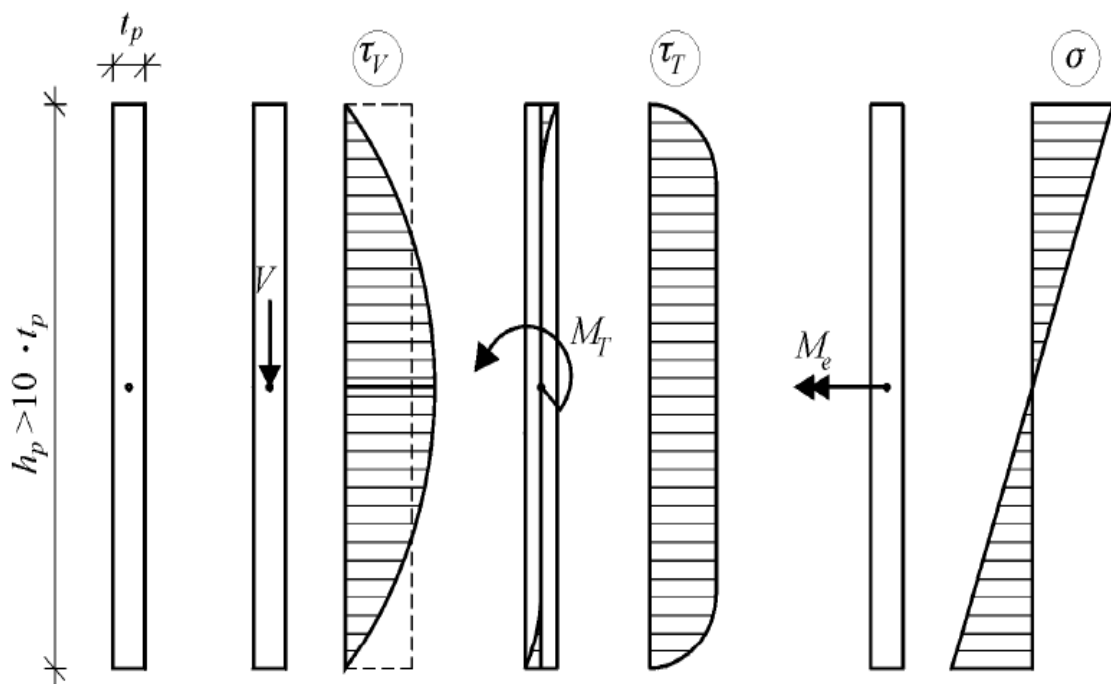
Услед торзионог момента

$$\tau_T = \frac{M_T}{W_T} = \frac{V \cdot (t_p + t_w) / 2}{h_p \cdot t_p^2 / 3} \quad (8)$$

W_T – Торзиони отпорни момент правоугаоног пресека ($h_p > 10 \cdot t_p$)

Упоредни напон израчунава се на основу израза:

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\tau_v \cdot \tau_T)^2} \leq \sigma_{dop} \quad (9)$$



Слика 1.9. Прорачунски дијаграм напона у прикључном лиму, [1]

Веза шприкључног лима за ребро носача остварује се завртњевима. Примењују се необрађени завртњеви различитих класа чврстоће у зависности од интезитета реакција у ослонцима. Завртњеви си оптерећени трансвезалном силом и моментом ексцентрицитета. Потребан број завртњева одређује се према изразу:

$$n \geq \frac{1}{F_{dop}} \sqrt{V^2 + \left(\frac{6 \cdot M_e}{h}\right)^2} = \frac{V}{F_{dop}} \sqrt{1 + \left(\frac{6 \cdot e}{h}\right)^2} \quad (10)$$

h – Висина прикључног носача; F_{dop} – Носивост завртњева у смичућем споју

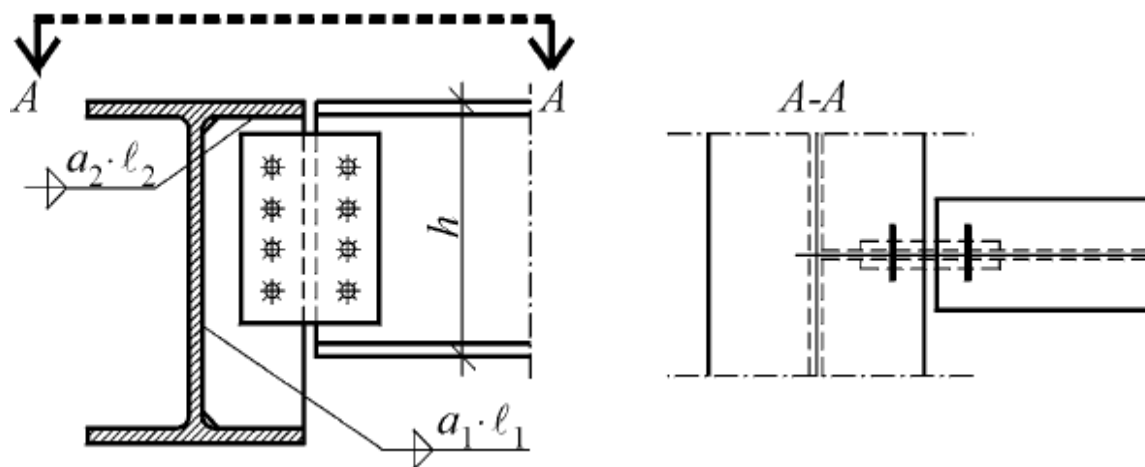
Контрола носивости најоптерећенијег завртња спроводи се према следећем изразу:

$$F_{Rmax} = \sqrt{F_V^2 + \max F_m^2} \leq F_{dop} \quad (11)$$

$$F_V = \frac{V}{n} \quad (12)$$

$$\max F_m = \frac{M_e \cdot h_n}{\sum_1^{nr} h_i^2} = \frac{M_e}{h_n} \cdot \varphi_m \quad (13)$$

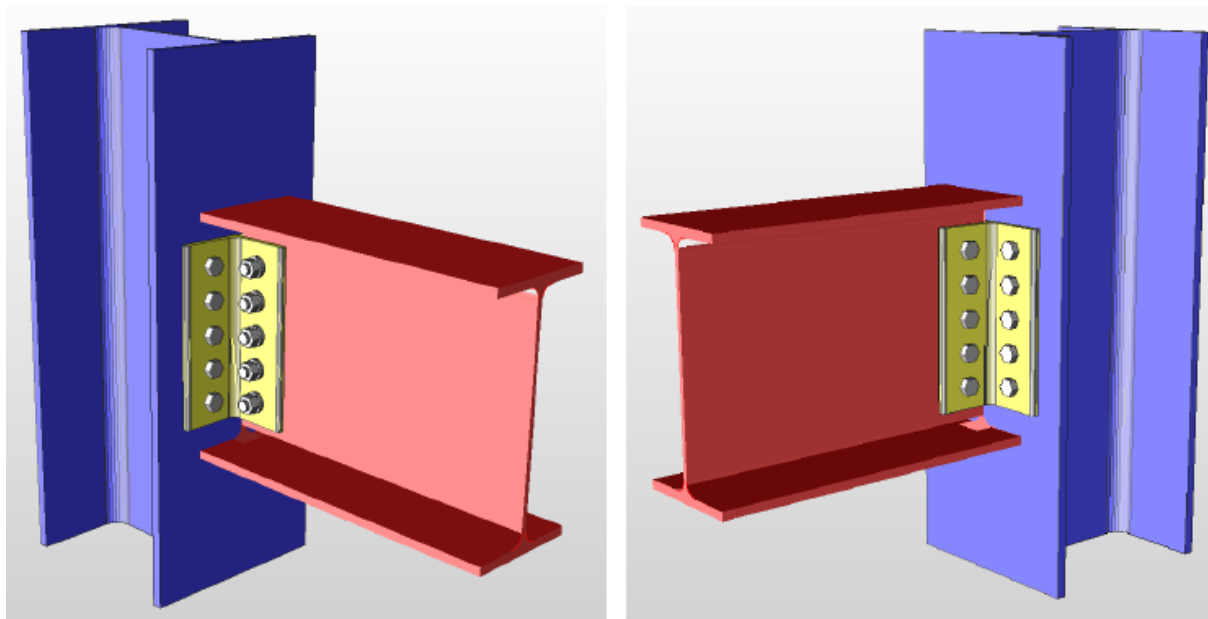
Везе са прикључним лимом могу да се конструишу са две подвезице. Оваква веза је статички повољнија што се тиче напрезања завртњева и торзије, али захтева подвезице и већи број завртњева, ексцентрицитет се повећава.



Слика 1.10. Двосечне везе са прикључним лимом, [1]

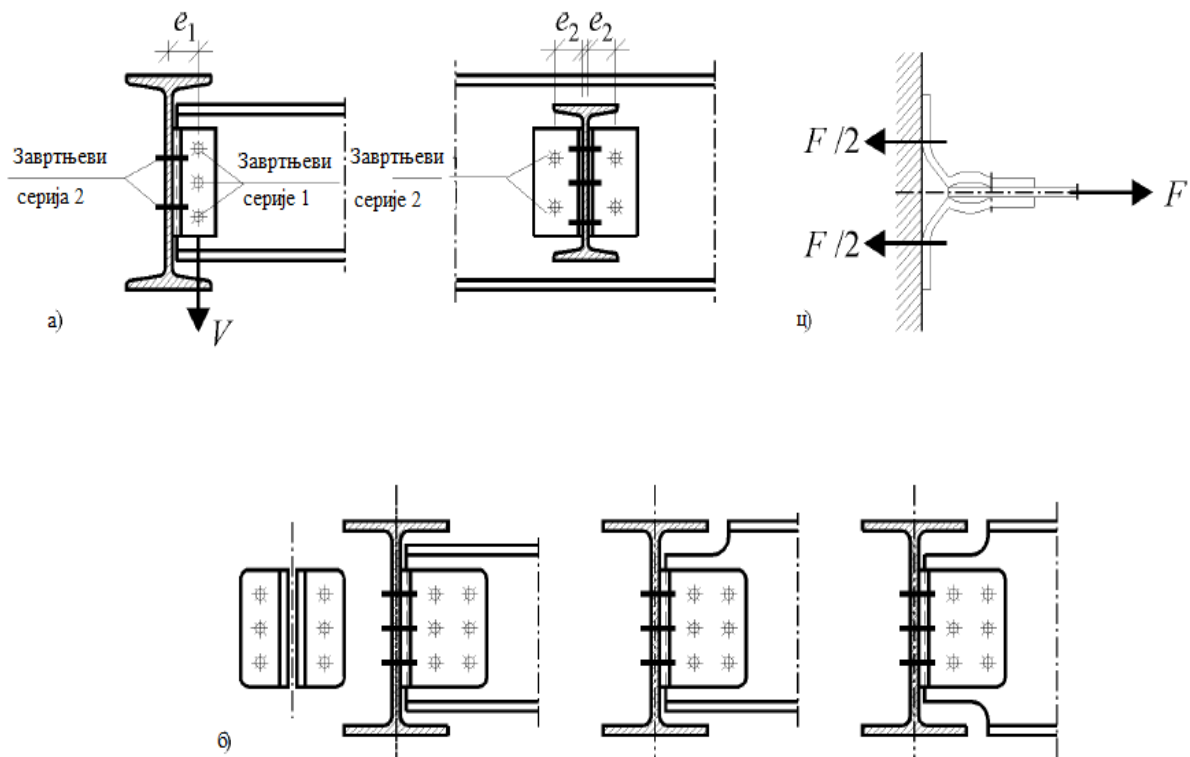
1.1.2 Везе са прикључним угаонцима

Везе са прикључним угаонцима су сличне везама са прикључним лимом, улогу прикључног лима замењују два прикључна угаоника. Везивање угаоника за површину остварује се завртњевима у најчешћим случајевима, али постоји могућност и у завареној изради. Када је у питању веза за пријем сила већег интензитета, потребно је поставити два или три реда завртњева на ребру прикључног носача. Систем просте греде изазива обртање везе. Деформације на горњем делу угаоника као и врата завртњева изложена чупању и прикључне површине, ако она није крута. [1]



Слика 1.11. Веза са прикључним угаонцима, [3]

Постоје две врсте завртњева. Завртњеви за везу ребра носача прикључним угаоником називају се „Завртњеви серије 1“, док завртњеви који остварују везу са прикључном површином називају се „Завртњеви серије 2“. Прорачун везе обухвата контролу свих елемената помоћу којих се врши преношење сила у вези.



Слика 1.12. Приказ завртњева серије 1 и завртњева серије 2, [1]

Завртњеви серије 1 оптерећени су трансверзалном силом V и моментом ексцентрицитета $M_e = V \cdot e$. Како се веза остварује са два угаоника, то су завртњеви серије 1 двосечни. Код широких веза, компоненте силе у најоптерећенијем завртњу серије 1 могу да се одреде на основу следећих израза:

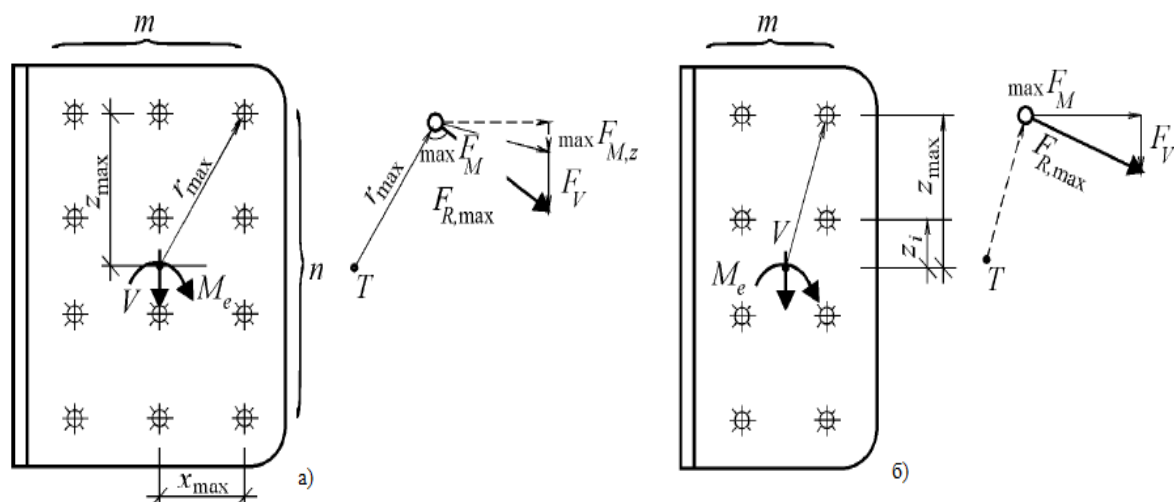
$$F_V = \frac{V}{n \cdot m} \quad (14)$$

$$\max F_{m,x} = \frac{M_e \cdot Z_{\max}}{\sum_{i=1}^{m \cdot n} r_i^2} \quad (15)$$

$$\max F_{m,z} = \frac{M_e \cdot X_{\max}}{\sum_{i=1}^{m \cdot n} r_i^2} \quad (16)$$

Где су m и n број редова завртњева серије 1 и број завртњева у једном реду, респективно. Резултујућа сила у максимално оптерећеном завртњу серије 1 добија се као векторски збир ових компонената, према следећем изразу:

$$F_{R,\max} = \sqrt{(F_V + \max F_{m,z})^2 + \max F_{m,x}^2} \quad (17)$$



Слика 1.13. Силе у најоптерећенијем завртњу серије 1; а) Широких веза; б) Високих веза, [1]

Веза прикључног угаоника за површ односно завртњеви серије 2, димензионишу се под утицајем трансвезалне силе V :

$$F_V = \frac{V}{2n} \leq F_{dop} \quad (18)$$

n – Број завртњева серије 2 на једном угаонику.

Број завртњева серије 2 је два пута већи од броја завртњева серије 1. Уколико се веза носача остварује само са једне стране, завртњеви серије 2 су једносечни. У случају обостраних веза завртњеви серије 2 су двосечни и прихватају трансвезалне силе, односно реакције два суседна носача. При прорачуну завртњева серије 2 у случају када су непреднапрегнути треба извршити следеће контроле:

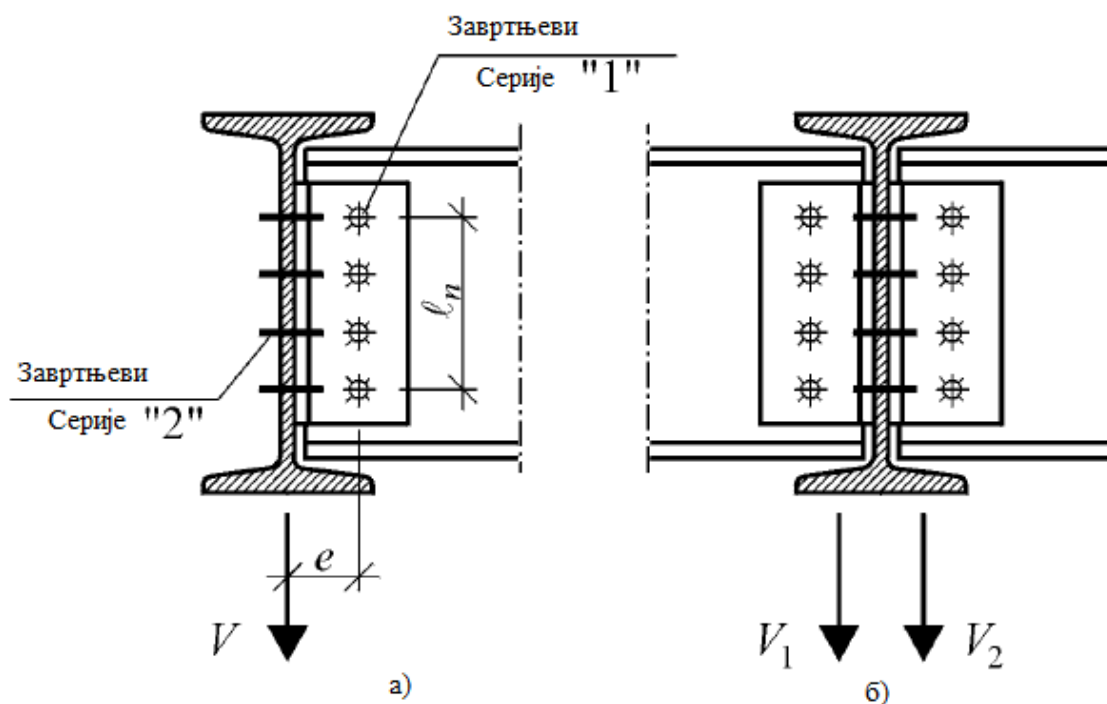
- Контрола носивости завртњева на смицање за сваки носач посебно

$$F_{V,1} = \frac{V_1}{2n} \leq F_V \quad (19)$$

$$F_{V,2} = \frac{V_2}{2n} \leq F_V \quad (20)$$

- Контрола притиска по омотачу рупе прикључне површине, која прихвата обе реакције

$$F_V = \frac{V_1 + V_2}{2n} \leq F_b \quad (21)$$



Слика 1.14. Веза носача под углом: а) са једне стране; б) са обе стране, [1]

У зградарству се често примењује реакција мањег интензитета везе са прикључним угаоником који је заварен за ребро носача. Досадашња разматрања важе за овакве везе, тако да постоји разлика у прорачуну споја угаоника са ребром носача, која је настала из различитог начина ветивања. Укупну трансвезалну силу прихвата вертикални шав, док моменат ексцентрицитета преносе хоризонтални шавови. Контрола напона у шавовима изводи се на следећим примерима:

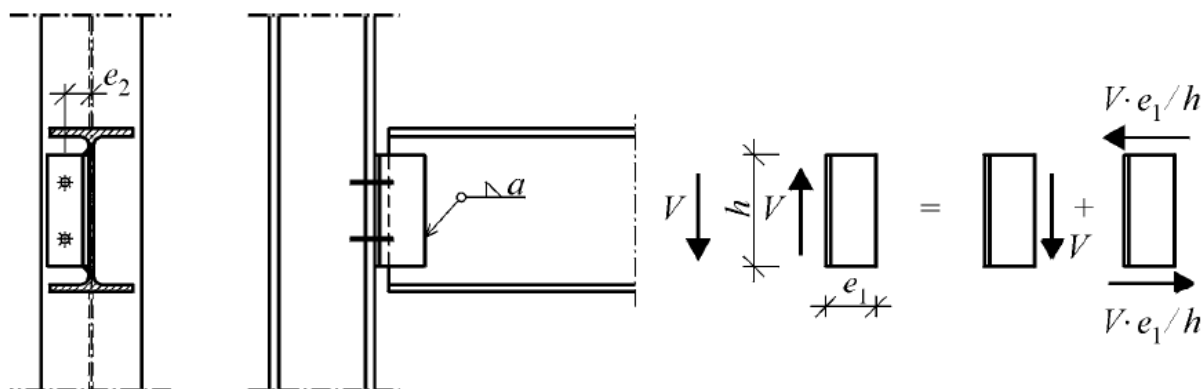
– За вертикални шав:

$$V_{II} = \frac{V}{a_1 \cdot l_1} \leq \sigma_{W,dop} \quad (22)$$

– За хоризонтални шав:

$$\sigma_u = \frac{R}{a_2 \cdot l_2} \leq \sigma_{W,dop} \quad (23)$$

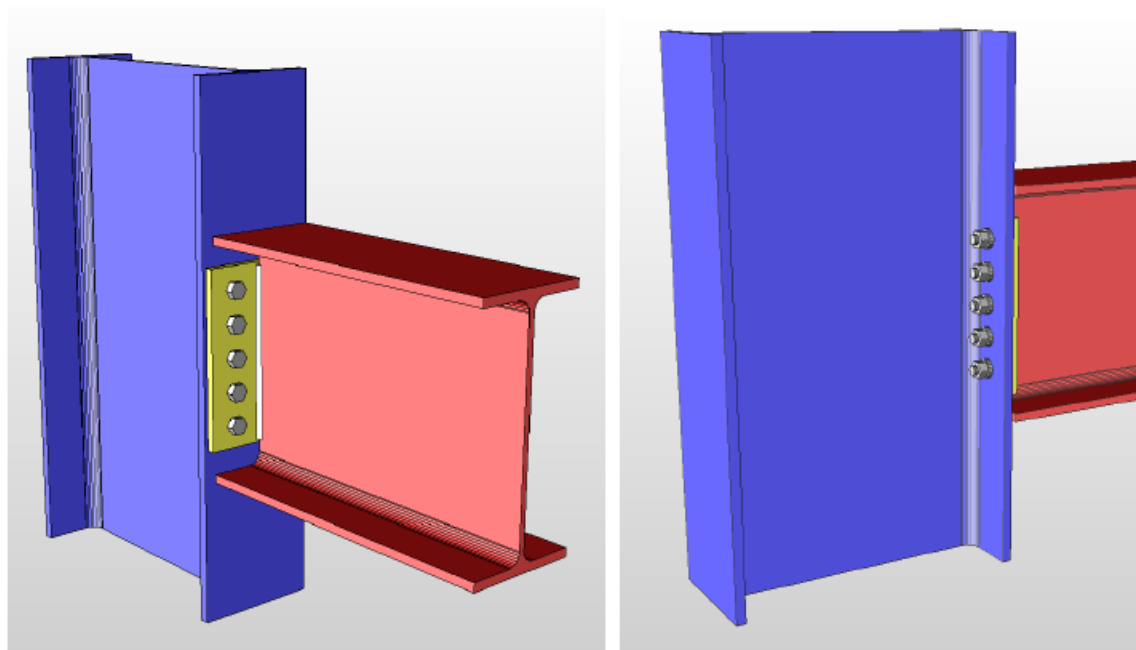
$a_1 \cdot l_1$ и $a_2 \cdot l_2$ представљају дебљину и дужину вертикалних и хоризонталних шавова, а R резултујућу силу.



Слика 1.15. Веза са завареним угаоником, [1]

1.1.3 Везе са чеоном плочом

Ове везе се могу извести помоћу чеоне плоче која се заварује за ребро носача и спаја са прикључном површином помоћу завртњева, па се могу избећи секундарни утицаји момента ексцентричности, то представља предност у односу на друге типове веза.[1]



Слика 1.16. Зглобне везе са чеоном плочом, [3]

Механизам помоћу ког се преноси трансвезална сила је следећи:

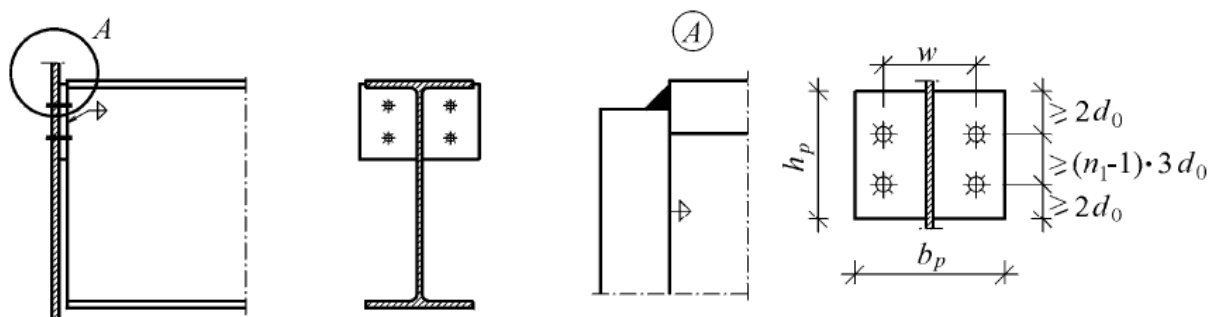
Реакција из ребра носача уноси се у чеону плочу помоћу обоостраних угаоних шавова, а затим се помоћу завртњева из чеоне плоче преноси на прикључну површину. Прорачун се код оваквих веза врши према начину преношења силе. Број завртњева је обавезан за везу чеоне плоче са прикључном површином као што су (ножице стуба, ребро носача или стуба) може се одредити према изразу:

$$n \geq \frac{V}{F_{dop}} \quad (24)$$

Где је F_{dor} носивост завртњева у смичућем споју. На основу усвојеног броја завртњева, уз њихово минимално међусобно растојање, може се одредити потребна висина плоче h_p .

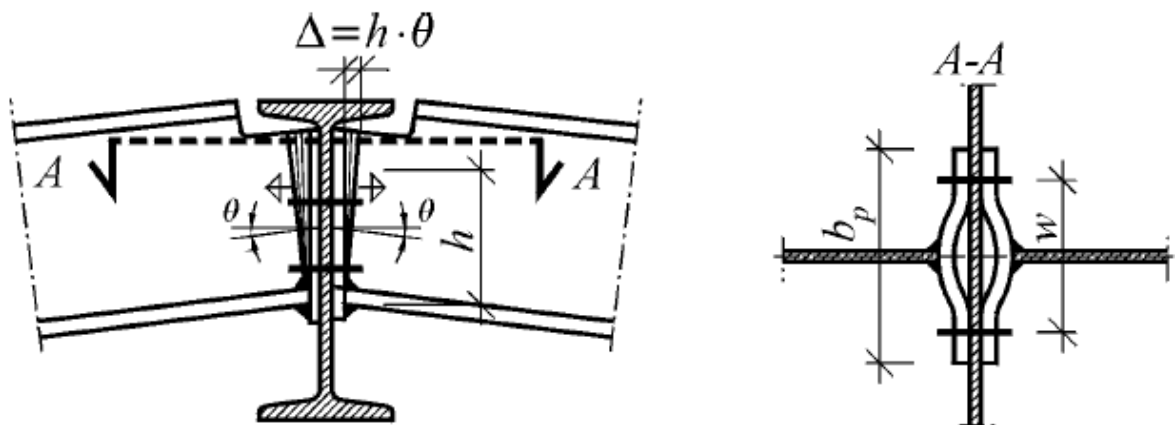
$$h_p \geq 4 \cdot d_o + 3 \cdot d_o(n_1 - 1) = (1 + 3 \cdot n_1) \cdot d_o \quad (25)$$

d_o – пречник рупе за завртањ и n_1 – број завртњева у једном реду.



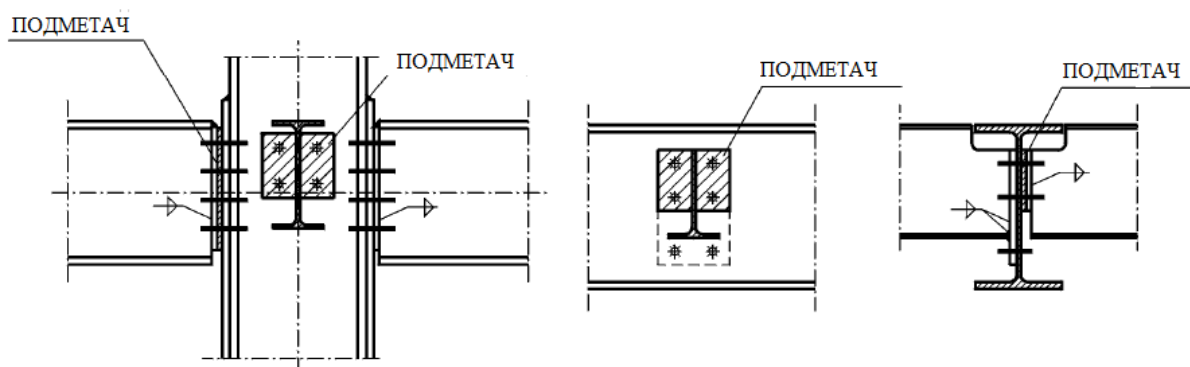
Слика 1.17. Пример зглобне везе са чеоном плочом, [1]

Деформација чеоне плоче се остварује се остварује под дејством зглоба. Чеона плоча омогућава обртање везе за угао θ . Због тога је пожељно да плоча буде што краћа и да не буде велике дебљине, како би се остварило обртање везе уз што мање секундарне ефекте, као што су моменти укљештења који изаивају силе затезања у завртњевима.

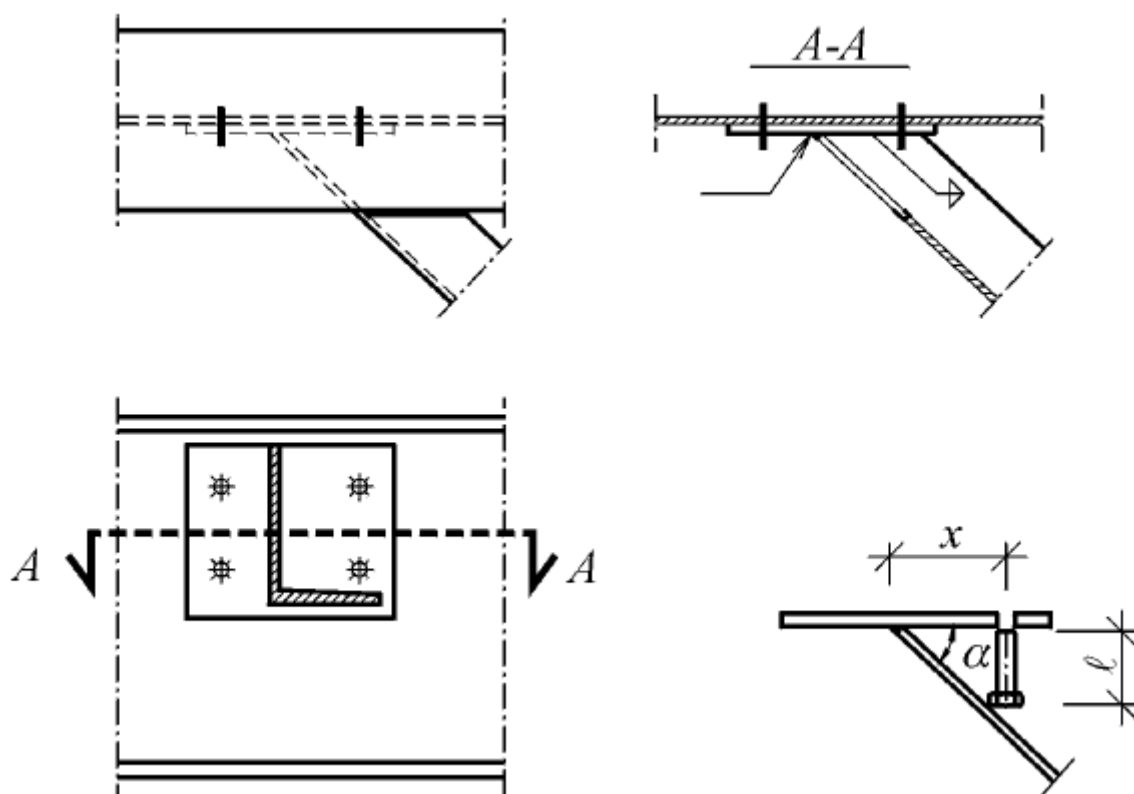


Слика 1.18. Деформација чеоне плоче услед обртања ослоњачког пресека, [1]

Помоћу чеоних плоча могу врло лако да се остваре и косе везе под углом. При конструисању оваквих веза потребно је водити рачуна о положају завртњева на оштроугаоној страни везе, како би се обезбедила њихова уградња. Минимално растојање завртњева од веза ребра x зависи од угла α под којим се везују носачи и дужине завтњева l .



Слика 1.19. Везе са чеоном плочом и подметачем, []

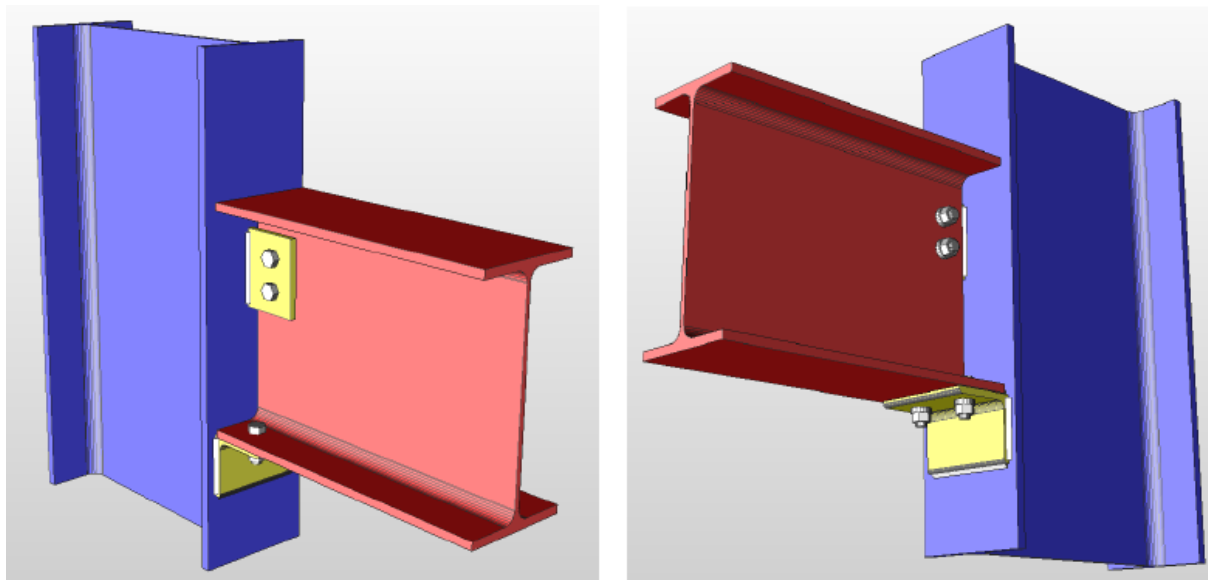


Слика 1.20. Коса веза са чеоном плочом, [1]

1.1.4 Везе остварене помоћу столице

Везе помоћу столице су ефикасно решење за остваривање зглобних веза под углом. Овакво решење посебно је погодно за лаку монтажу носача. Столица се најчешће користи као угаоинк или као лим преко којег се директним контактом преноси реакција носача. Веза ребра са прикључним лимом има за циљ да спречи склизнуће или бочно претурање носача. Када реакција носача делује на краку угаоника, јавља се ексцентрицитет, па долази до појаве торзионог момента у подвлаци. Тако да

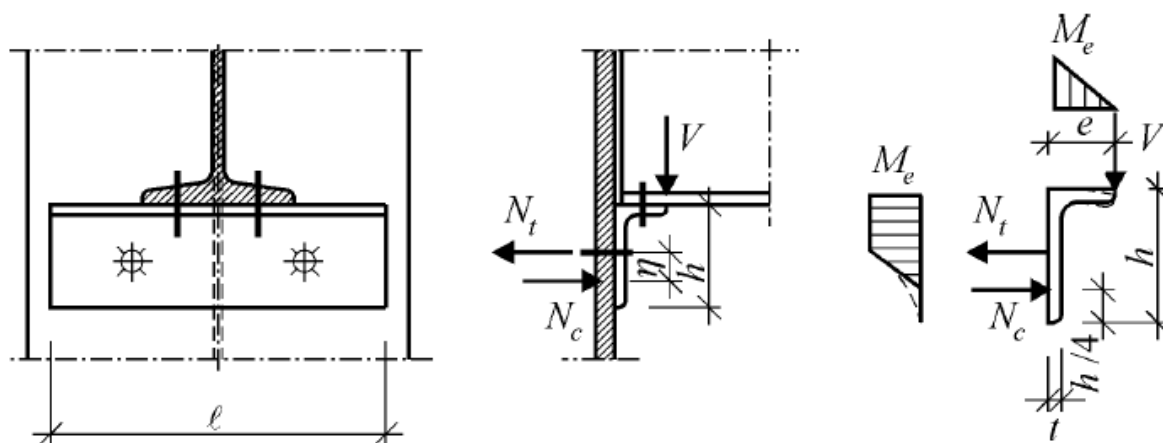
подвлака мора да буде обликована као торзионо крута да би прихватила момент торзије или се предвиђају друга конструктивна решења да би се спречило њено увијање. Ако се крак угаоника повија за 2 до 3 mm чиме се омогућава несметано обртање носача, а тиме се битно смањује момент ексцентрицитета, јер се место реакције V помера ка ребру подвлаке. [1]



Слика 1.21. Зглобна веза остварена помоћу столице, [3]

Прорачун веза са столицом у виду угаоника захтева проверу напона у угаонику и контролу његове везе за прикључну површину. Веза угаоника са прикључном површином може бити остварена завртњевима или заваривањем помоћу угаоних шавова. Ако се носач везује за стуб или подвлаку сандучастог пресека онда у обзир долази само заваривањем, јер се због неприступачног пресека завртњеви не могу поставити. Претпоставља се да реакција B делује на самој ивици угаоника, што није сасвим коректно, али је на страни сигурности. Услед ове силе долази до савијања угаоника уз максималан момент $M_e = V \cdot e$. Овај момент се уравнотежује помоћу спрега сила N_c и N_t . Силу затезања прихватају завртњеви а сила притиска се преноси контактом. Може се сматрати да резултанта силе притиска делује на четвртини висине угаоника. Контрола напона у угаонику треба да се изврши на основу следећег израза:

$$\sigma_{max} = \frac{M_e}{W_{net}} = \frac{V}{A_{net}} \leq \sigma_{dop} \quad (26)$$



Слика 1.22. Напрезања везе остварене помоћу столице, [1]

2.1 Круте везе

Круте везе имају значајну примену у металним конструкцијама, као у зградарству тако и у мостogradњи. Најчешће се користе код веза носача под углом код јаких гредних роштиља, као и код веза греда са стубовима оквирних носача. Предност код крутих у односу на зглобне је што се у конструкцији јављају мање деформације и добија се повољнија расподела унутрашњих сила. Овакве предности крутих веза морају да се компензују са спојним средствима и додатним елементима. Круте везе су незаменљиве, посебно код конструкција у зградарству и код динамички оптерећених конструкција као што су мостови, код којих се везе подужних попречних носача увек изводе као круте. [1]

2.1.1 Круте везе са чеоним плочама и преднапрегнутим високовредним завртњевима

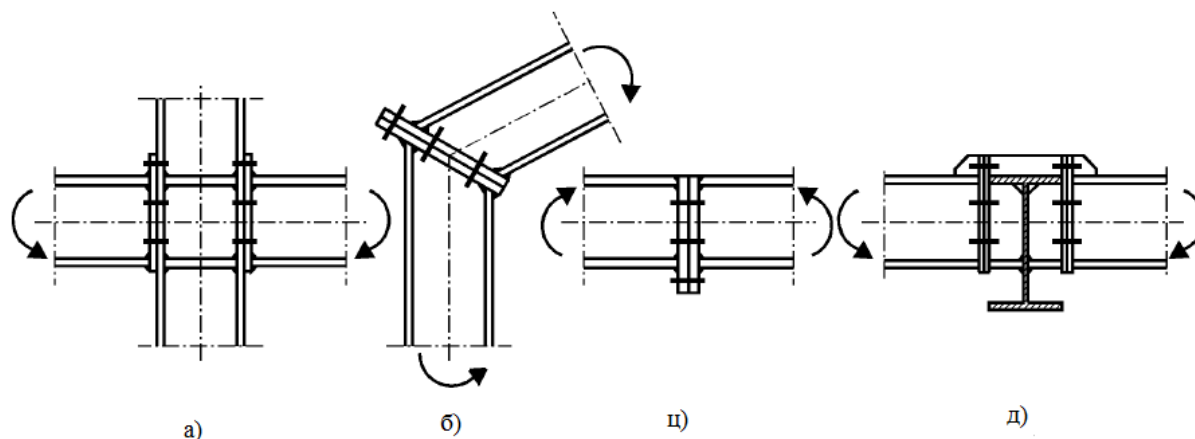
Појава високовредних завртњева и њихова све већа примена, која се заснива на теоријским и експерименталним истраживањима, створене су могућности за примену нових типова веза. Једна од веза са погодностима високовредних завртњева је крута веза са чеоном плочом. Погодности ове везе су једноставна израда и монтажа. Везе са чеоном плочом користе се за везе носача са стубом и за конструисање монтажних наставака носача и за везе носача под углом. Могућности ових везе нису ограничене. Према резултатима испитивања створен је својеврстан каталог са одређеним прописима и начином извођења и упутствима за прорачун. Прописани захтеви представљају ограничавајући фактор за њихову примену:

А) Оптерећена су претежно мирна,

Б) Носач и чеона плоча су израђени од челика са $f_y \geq 24,0 \text{ KN/cm}^2$.

Ц) Носач је попречног пресека I са односом $I_w/I \leq 0,15$ (I_w је момент инерције за ребро, а I је за момент инерције целог пресека),

Д) Завртњеви су класе 10.9 и притегнути су пуном силом преднапрезања.



Слика 2.1. Круте везе са чеоном плочом, [1]

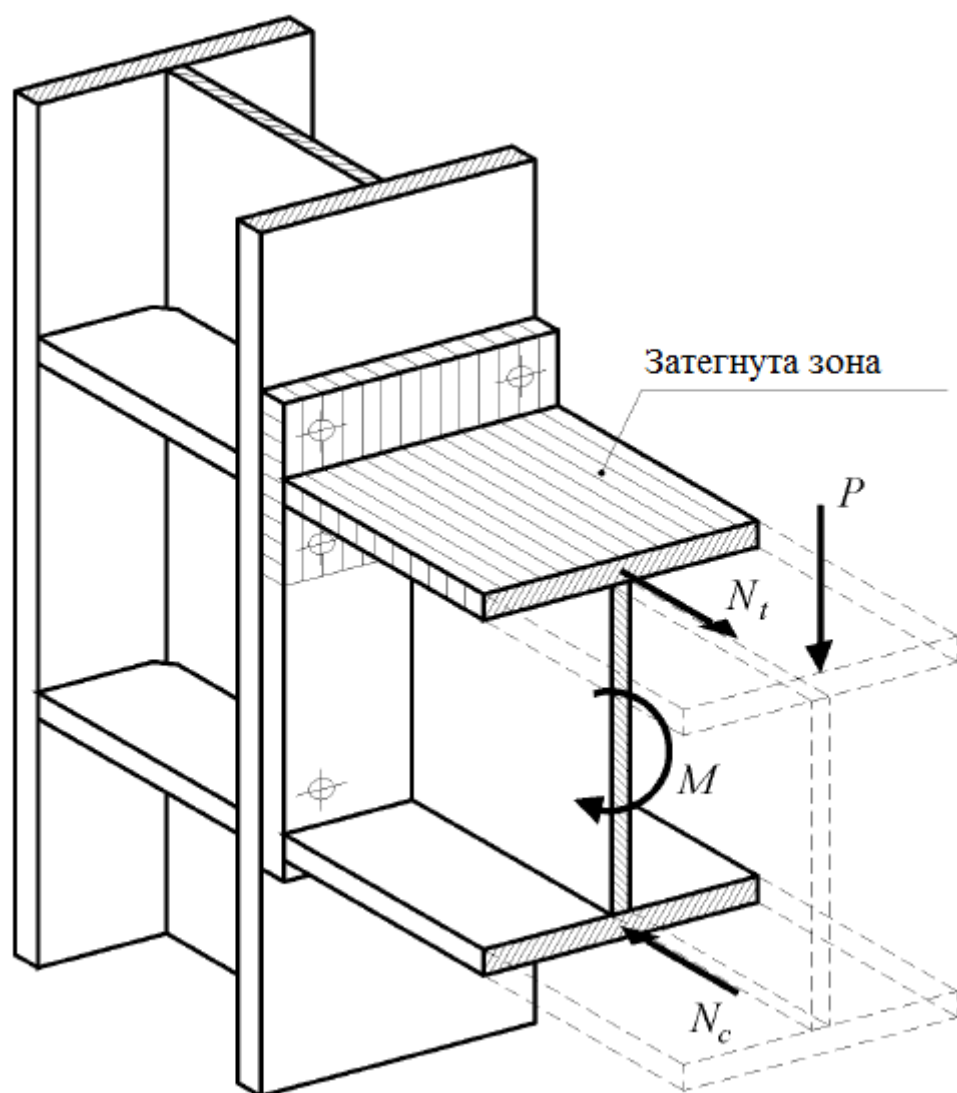
Конструкције у зградарству задовољавају све захтеве, тако да су везе са чеоном плочом нашле своју примену. При прорачуну веза морају се контролисати сви елементи и спојеви неопходни са пренос силе.

- А) Ножица стуба као прикључна површина
- Б) Завртњеве за везу чеоне плоче са прикључном површином
- Ц) Чеона плоча
- Д) Заварена веза чеоне плоче са носачем

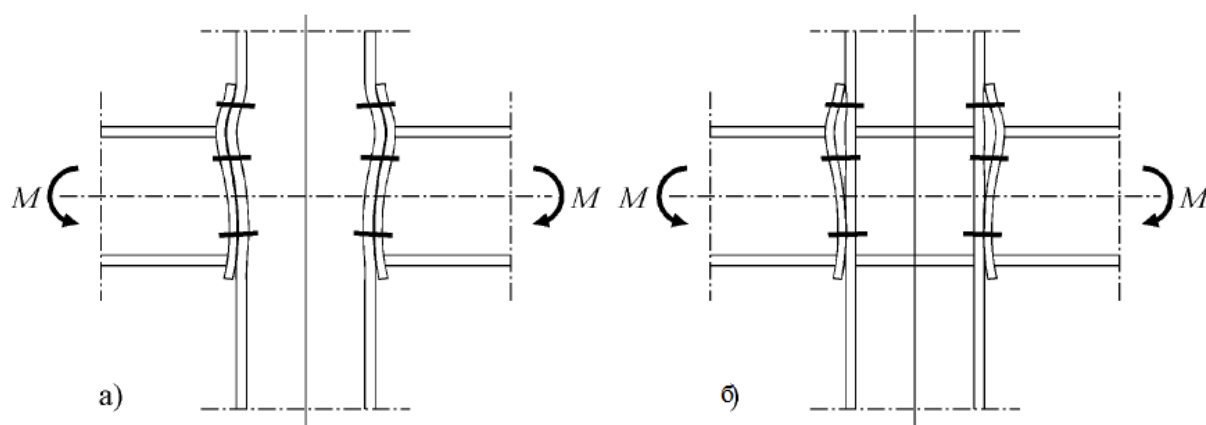
2.1.2 Прорачун и конструкцијско обликовање ножице стуба

Момент савијања који делује на месту везе може да се разложи на спрег сила. Сила затезања N_t преноси се преко завртњева смештених уз затегнуту ножицу, а сила притиска N_c директним контактом. Ножица стуба је оптерећена на савијање. Истраживања су показача да тање ножице проузрукују повећање деформабилности везе. Дебљина ножице стуба зависи од пречника завртњева и од типа везе. Када је ножица стуба мања од прописане морају се предузети следеће мере: [1]

- А) ако је ребро стуба неукрућено, у области ножице заварују се укрућења чиме се смањује дебљина ножице.
- Б) ако је ребро стуба укрућено, постављају се контра плочице уколико нису задовољени напонски услови.



Слика 2.2 Силе на месту везе са чеоном плочом, [1]

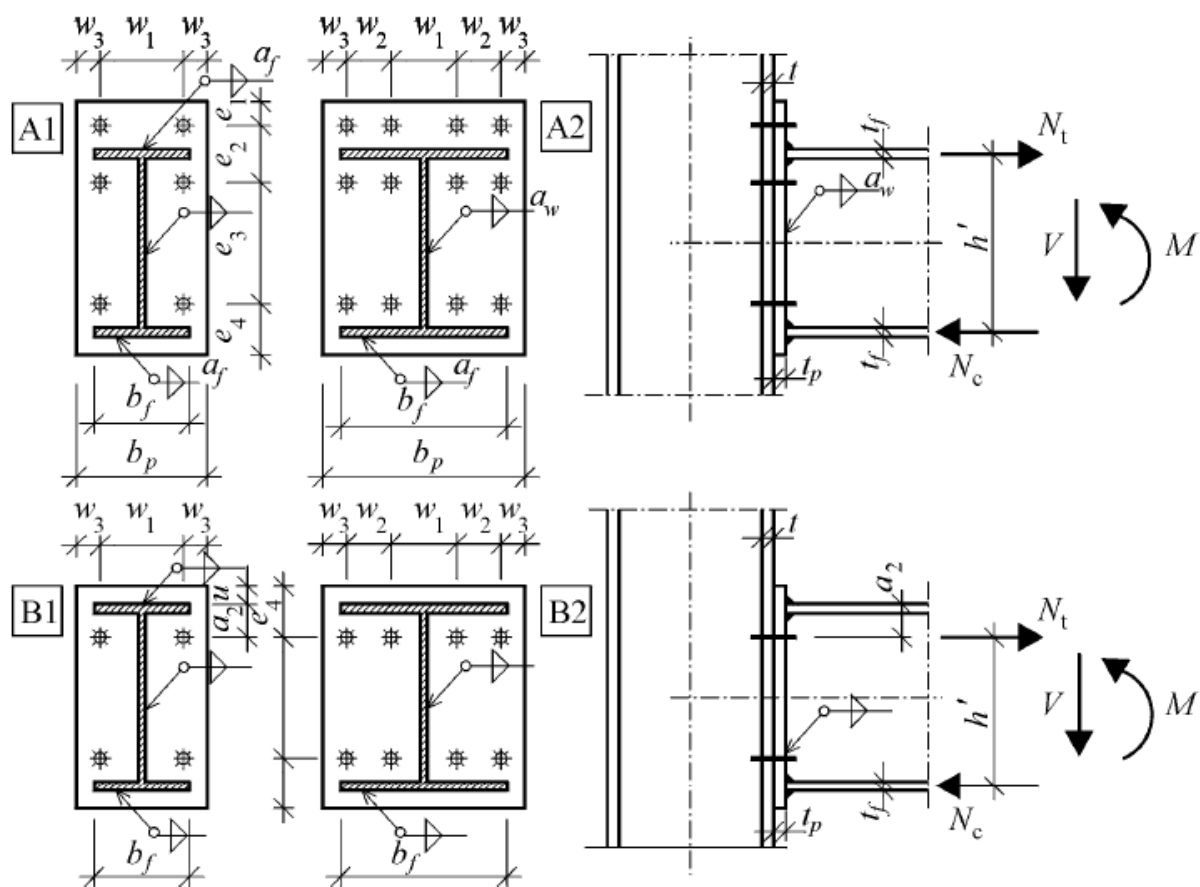


Слика 2.3. Деформација ножице у зони везе, [1]

2.1.3 Прорачун завртњева за везу чеоне плоче

Прорачун високовредних завртњева за везу чеоне плоче зависи од типа чеоне плоче, која је дефинисана према Југословенском стандарду (JUS U.E7.140/1985) који дефинише четири типа чеоних плоча подељена у две групе: [1]

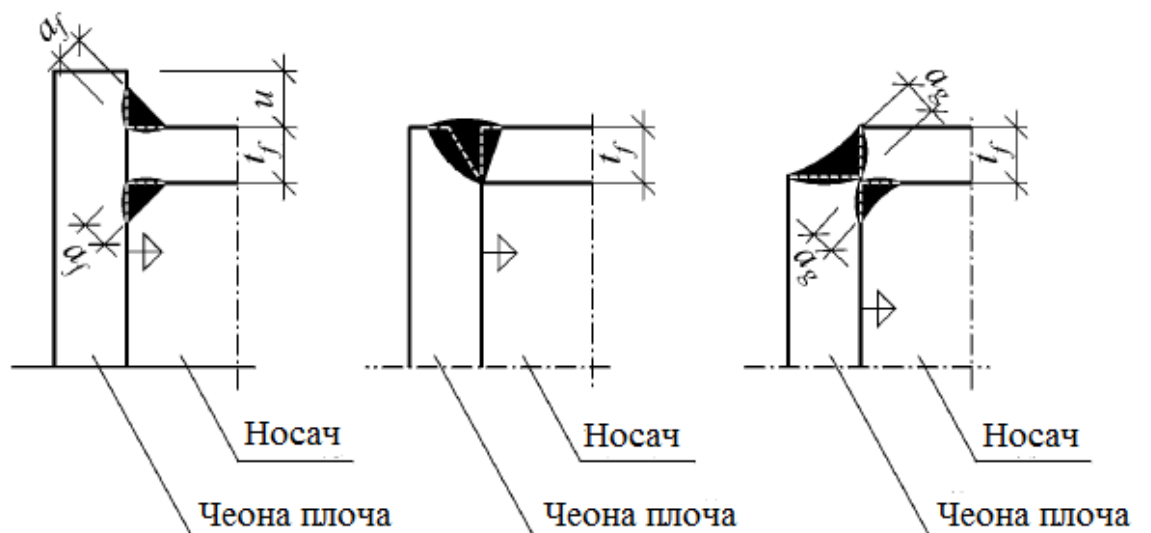
- 1) Група А – чеоне плоче са препустом
 - A1 са два реда завртњева,
 - A2 са четири реда завртњева.
- 2) Група Б – чеоне плоче без препуста
 - B1 са два реда завртњева,
 - B2 са четири реда завртњева.



Слика 2.4. Карактеристични типови чеоних плоча, [1]

2.1.4 Прорачун шавова за везу носача

Веза чеоне плоче са носачем остварује се преко угаоних шавова. Целокупна трансвезална сила се преноси преко угаоних шавова на ребру носача, а унутрашње силе затезања и притиска настале су разлагањем спољашњег момента M , преко угаоних шавова на ножице носача. Обоострани угаони шавови за везу затегнуте ножице са чеоном плочом изазивају повољнији ток сила од суочених К шавова јер се сила затезања преноси преко веће површине. [1]



Слика 2.5. Везе затегнуте ножице са чеоном плочом, [1]

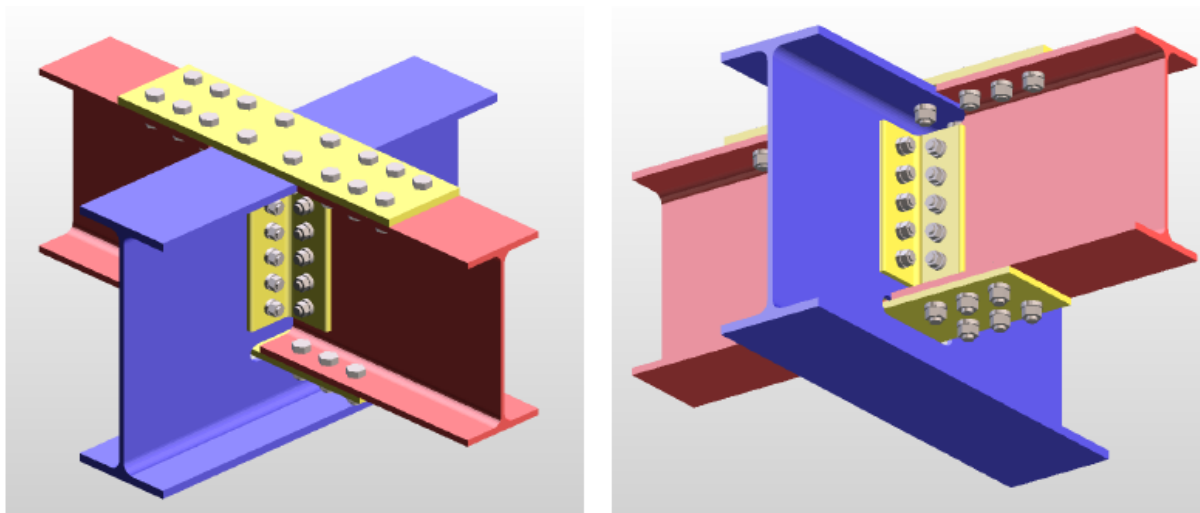
Прорачун угаоних шавова на ребру носача може да се израчуна на основу следећег израза:

$$V_{II} = \frac{V}{2 \cdot a_w \cdot l_w} \leq \sigma_{w,dop} \quad (27)$$

2.2 Круте везе носача са континуитет ламелом

Круте везе под углом са континуитет ламелама се користе у мостоградњи, за остваривање везе подужних и попречних носача класичних мостовских конструкција. У зградарству се најчешће јављају код роштиљних конструкција. Код мањих оптерећења користе се модификоване везе, без доње притиснуте континуитет ламеле. Основна карактеристика ових веза је та да се момент прихвата помоћу додатних ламела, чиме се постиже континуирање носача. Када се врши димензионисање крутих веза под углом са континуитет ламелом потребно је извршити следеће услове: [1]

- Контрола напона у ослабљеном пресеку носача на месту везе.
- Прорачун континуитет ламеле за пријем момента савијања M .
- Прорачун везе ребра носача за пријем смичуће силе V и момента ексцентрицитета $M_e = V \cdot e$.



Слика 2.6. Моментне везе са континуитет ламелом, [3]

Контрола напона у ослабљеном носачу на месту наставка може се одредити на основу израза:

$$\sigma = \frac{M}{W_{net}} \leq \sigma_{dop} \quad (28)$$

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot t_w} \approx \frac{V}{A_w} \leq \tau_{dop} \quad (29)$$

W_{net} – отпорни момент нето попречног пресека носача,

S – статички момент попречног пресека носача,

I – момент инерције попречног пресека носача,

A_w – површина ребра носача,

t_w – дебљина ребра носача.

Момент савијања M који делује на месту круте везе може да се разложи на спрег сила који чине сила затезања N_t и сила притиска N_c . Момент савијања на месту везе је негативан, сила затезања делује у горњој, а сила притиска делује у доњој ножици подужног носача. Њихов интезитет се одређује према изразу:

$$N_t = -N_c = \frac{M}{h} \quad (30)$$

Где је h висина попречног пресека подужног носача. Потребан број завртњева на ножици носача одређује се на основу израза:

$$n_f \geq \frac{N_t}{F_{f,dop}} \quad (31)$$

$F_{f,dop}$ је носивост завртња у смичућем споју.

Сила затезања N_t се помоћу завртњева преноси из ножице подужног носача у континуитет ламелу. Прорачун затегнуте континуитет ламеле се врши помоћу нето површине A_{net} попречног пресека. За димензионисање континуитет ламеле меродован је попречни пресек на месту последњег реда завртњева. Контрола напона врши се према изразу:

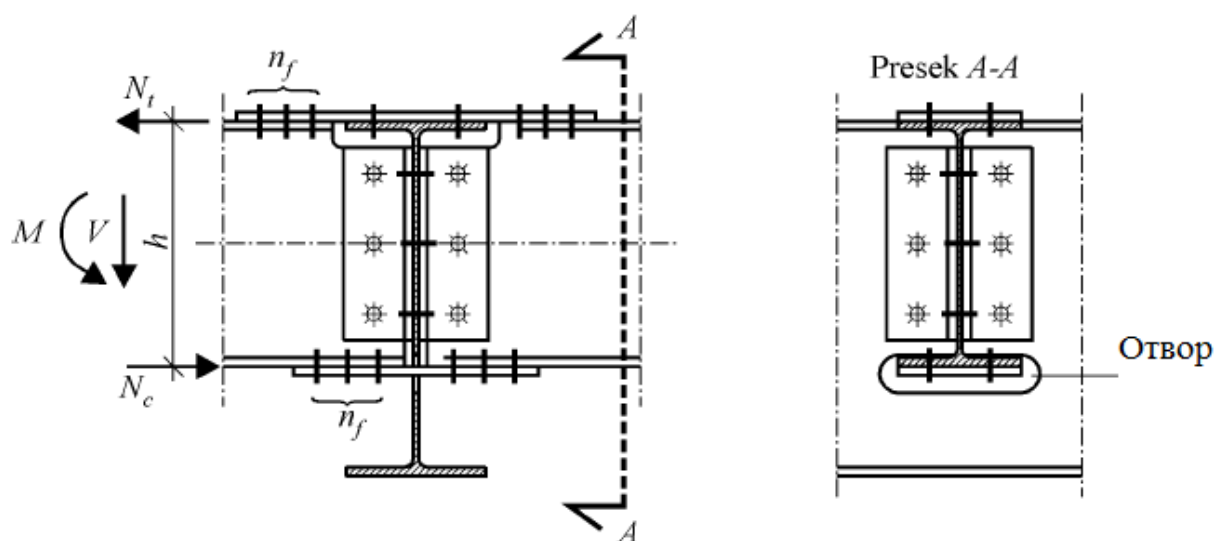
$$\sigma = \frac{N_t}{A_{net}} \leq \sigma_{dop} \quad (32)$$

Континуитет ламела се углавном конструише у виду равног лима правоугаоног попречног пресека ($b \cdot t$). Ако се усвоји да је ширина континуитет ламеле једнака ширини ножице носача ($b = b_f$), онда се из услова може одредити дебљина t :

$$t \geq \frac{N_t}{\sigma_{dop} \cdot (b - n_{f,1} \cdot d_{0,f})} \quad (33)$$

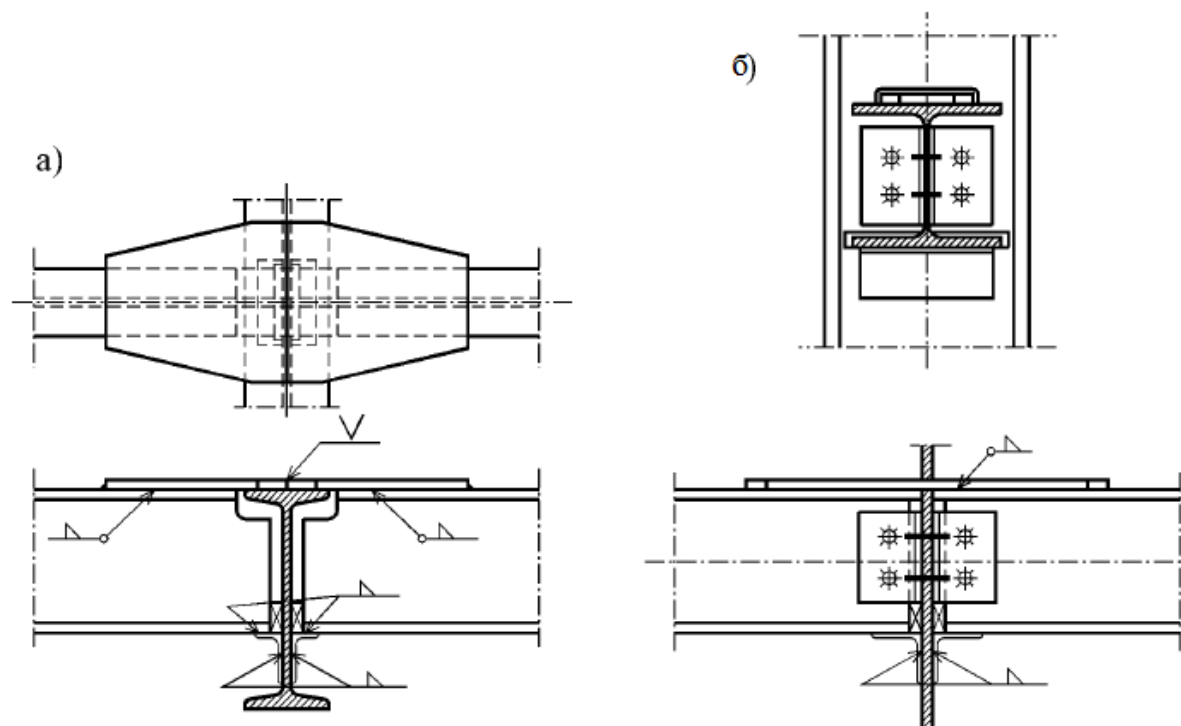
$n_{f,1}$ – број завртњева у меродавном попречном пресеку,

$d_{0,f}$ – пречник рупе за завртњеве на континуитет ламели.

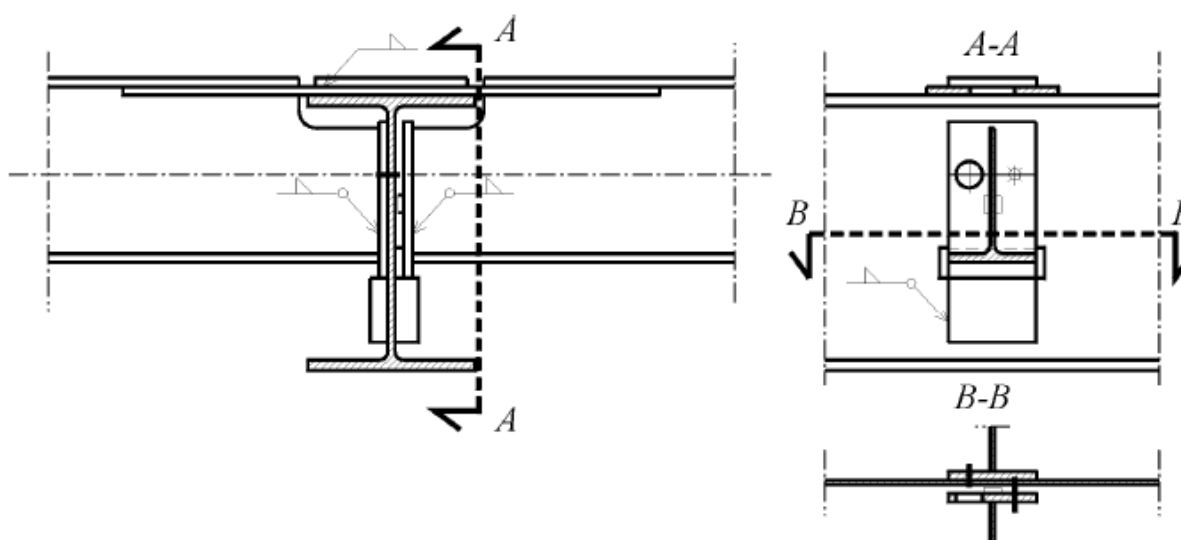


Слика 2.7. Крута веза подужног носача са континуитет ламелом, [1]

Горња континуитет ламела и главе завртњева су постављени тако да излазе изван габарита подужног носача, што може да изазове сметње при постављању префабрикованих подних плоча или кровних панела. Да би се овај проблем решио веза може да се обликује као што је приказано на следећој слици. Затегнута континуитет ламела је дводелна и заварује се са доње стране за ножице подужних носача, помоћу монтажних угаоних шавова. Реакције се преносе преко чеоне плоче која је заварена за ребро носача.

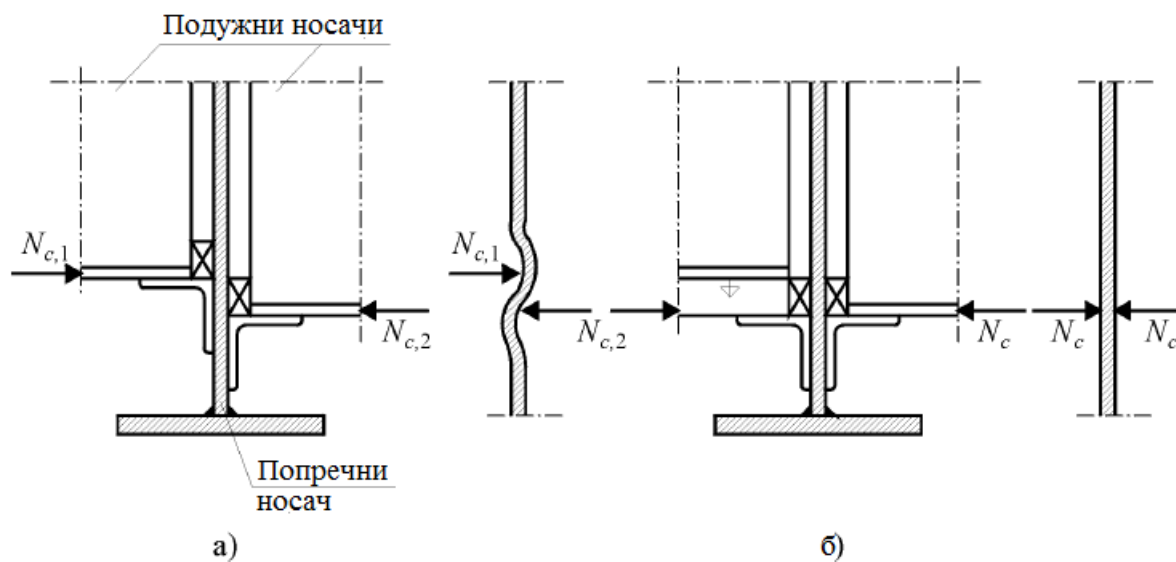


Слика 2.8. Заварена веза континуитет ламеле, [1]



Слика 2.9. Веза са дводелном континуитет ламелом, [1]

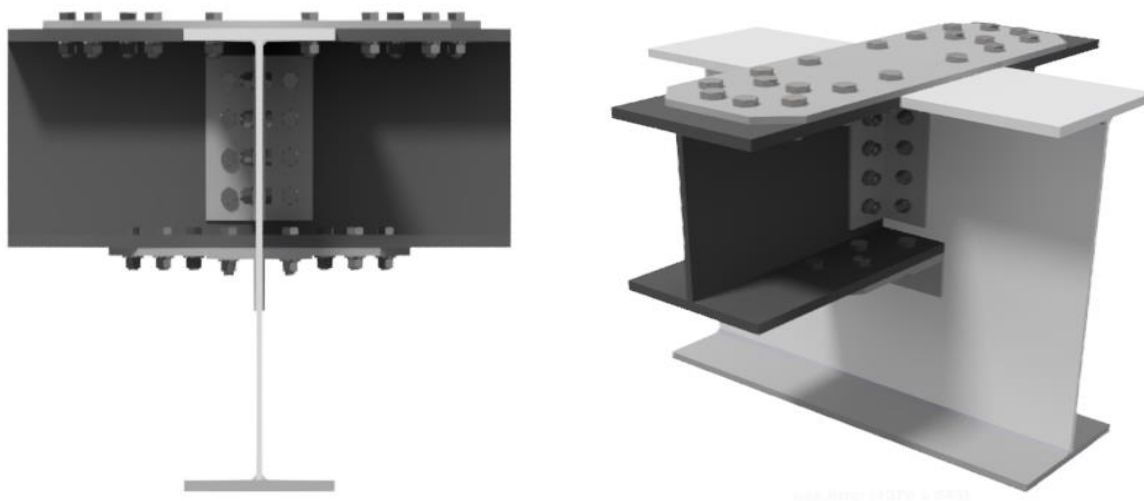
Да би се избегло кривљење ребра примарног носача у случају секундарних носача различите висине потребно је да се обезбеди да силе притиска леже на истој линији дејства. Ако је висинска разлика подужних носача мања од 50mm, онда може да се врши заваривање уметака на доњу ножицу нижег носача. Код већих висинских разлика обично се за доњу ножицу носача заварује део ваљаног профила или се заваривањем клинастог дела образује вута.



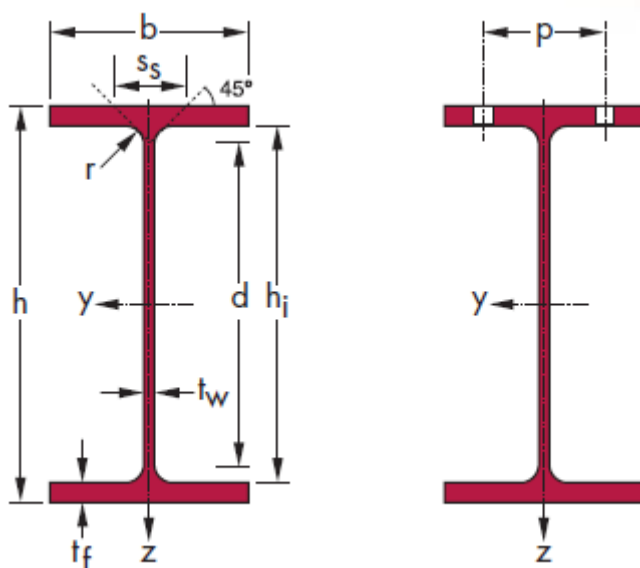
Слика 2.10. Кривљење ребра попречног носача, [1]

3.ВЕЗЕ ПУНИХ НОСАЧА ПОД УГЛОМ

Израчунати и конструисати везу подужних носача за попречни носач према сл. 2.11. Подужни носач има трансверзалну силу на месту ослоња $Q_A = 350kN$ и ослоначки моменат $M = -250kNm$. Везу треба извести са неупасованим високовредним завртњевима класе чврстоће 10.9 са пуном силом притезања, коефицијент трења $\mu = 0,50$, $k > 0,14$, оптерећење претежно мирно. Основни материјал Č. 0370 и Č. 0361. I случај оптерећења. [4]



Слика 2.11. Подужни носач, [4]



Слика 2.12. Европски широконожни I профил HE 400 B, [5]

$$A = 197,8 \text{ cm}^2$$

$$W = 2884 \text{ cm}^3$$

$$A_{nož} = 30 \cdot 2,4 = 72,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{reb} = 197,8 - 2 \cdot 72,0 = 53,8 \text{ cm}^2$$

$$\max d_1 = 28 \text{ mm на ножицама}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 13,5 \text{ mm}$$

$$t_f = 24 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

4. КОНТРОЛА НАПОНА У ПОДУЖНОМ НОСАЧУ

Услед слабљења носача у горњој затегнутој ножици са две рупе $d_1 = 25 \text{ mm}$ за везу континуитет ламеле нето отпорни момент је:

$$W^{neto} \approx W - \Delta W = 2884 - \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 2,4 \cdot 18,8^2}{20} = 2672 \text{ cm}^3$$

$$W^\sigma \approx \frac{250,0 \cdot 10^2}{2672} = 9,356 \text{ kN/cm}^2 < 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau \approx \frac{350,0}{53,8} = 6,505 \text{ kN/cm}^2 < 9,0 \text{ kN/cm}^2$$

4.1. Прорачун континуитет ламеле

Подужни носач се обострано континуира преко континуитет ламеле. Нормалне силе које преносе континуитет ламеле (горња је затегнута, а доња је притиснута) износе:

$$F_z = -F_p = \frac{|M|}{h} = \frac{250}{0,4} = 625,0 \text{ kN}$$

За везу континуитет ламеле са ножицом подужног носача усвајају се високовредни завртњеве $M24 \times l \dots 10.9$, чија је носивост за претежно мирно оптерећење по једној површини трења и за један завртањ.

$$F_{TS} = 88,8 \text{ kN}$$

Потребан број високовредних завртњева:

$$n = \frac{625,0}{88,8} = 7,03 \text{ kom}$$

Усваја се: 8 $M24 \times l \dots 10.9$.

Нето површина (A^{neto}) горње-затегнуте континуитет ламеле одређује се из следећег услова:

$$A^{neto} \geq \frac{F_z}{\sigma_{dop}} \left(1 - 0,4 \frac{r}{n}\right)$$

$$A^{neto} \geq \frac{625,0}{16,0} \left(1 - 0,4 \frac{2}{7,03}\right) = 34,6 \text{ cm}^2$$

Потребна дебљина (t_z) затегнуте континуитет ламеле за ширину ламеле $b = 300 \text{ mm}$ износи:

$$t_z \geq \frac{34,6}{30,0 - 2 \cdot 2,5} = 1,38 \text{ cm}$$

Потребна дебљина (t_p) затегнуте континуитет ламеле за ширину ламеле $b = 300\text{ mm}$ износи:

$$t_p \geq \frac{F_p}{b \cdot \sigma_{dop}} = \frac{625}{30 \cdot 16,0} = 1,30 \text{ cm}$$

Усвајају се обе континуитет ламеле (затегнута-горња и притиснута-доња) исте дебљине $t = 15 \text{ mm}$, тј. $\neq 300 \times 15$ и врши се контрола напона у затегнутој континуитет ламели.

$$\sigma = \frac{F_z}{A} = \frac{625}{45,0} = 13,9 \text{ kN/cm}^2 < 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{F_z}{A_{neto}} \left(1 - 0,4 \frac{r}{n}\right) = \frac{625}{(30 - 2 \cdot 2,5) \cdot 1,5} \left(1 - 0,4 \frac{2}{7,03}\right) = 14,8 \text{ kN/cm}^2 < 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_z = -F_p = \frac{|M|}{h} = \frac{250}{0,40 - 0,012} = 644,0 \text{ kN}$$

Нормална сила F_p се преноси преко притиснутог појаса HE 400 В и упасованом плочицом $\neq 40 \times 15 \times 340$.

Површина притиснуте ножице $A_{pnož}$ носача HE 400 В преко којег се преноси притискујућа сила $F_p = 644 \text{ kN}$ на упасовану плочицу (пресек 1-1 се може видети на слици 2.13).

$$A_{pnož} = 30 \cdot 2,4 + (4,0 - 2,4) \cdot 1,35 = 72,0 + 2,16 = 74,16 \text{ cm}^2$$

Притискујући напон је:

$$\sigma = \frac{F_p}{A_{pnož}} = \frac{644}{74,16} = 8,68 \text{ kN/cm}^2 < 16,0 \text{ kN/cm}^2$$

Сасечено ребро HE 400 В у пресеку I-I треба проверити:

$$\tau = \frac{Q_A}{A_{reb}} \leq \tau_{dop}$$

Површина сасеченог ребра је:

$$A_{reb} = (40 - 5,0 - 2,4) \cdot 1,35 = 44,0 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{350}{44,0} = 7,95 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_{dop} = 9,0 \text{ kN/cm}^2$$

4.2. Пријем реакције подужног носача

За преношење реакције подужног носача на попречни пресек користе се прикључни угаоници $100 \times 100 \times 12$.

Високовредни завртњеве серије „1“ (завртњеве на ребру подужног носача).

Усваја се 4 $M20 \times l \dots 10.9$, који могу да пренесу силу R ($F_{TS} = 61,6 \text{ kN}$) по једној површини трења и за један завртањ.

$$Q_A = 350 \text{ kN } M_e = 350 \cdot 0,055 = 19,2 \text{ kNm}$$

$$F_Q = \frac{Q_A}{n} = \frac{350}{4} = 87,5 \text{ kN}$$

$$F_M = \frac{M_e}{h_{\max}} \varphi_M = \frac{19,2}{0,21} = 82,3 \text{ kN}$$

$$F_R = \sqrt{F_Q^2 + F_M^2} = \sqrt{87,5^2 + 82,3^2} = 120,1 \text{ kN} < 123,2 \text{ kN} = 2 \cdot 61,6 = 2 \cdot F_{TS}$$

Високовредни завртњеве серије „2“ (завртњеве на ребру попречног носача).

Потребан број високовредних завртњева преносе силу $2Q_A = 2 \times 350 = 700 \text{ kN}$

$$n = \frac{700}{2 \cdot 61,6} = 5,68 \text{ kom}$$

Усавја се 8 $M20 \times l \dots 10.9$.

ЗАКЉУЧАК

У машиноградњи као и за изградњу грађевинских објеката са носећом конструкцијом од метала, челик представља главни материјал, мада се у последњим деценијама доста користи и алуминијум (лакши је, отпорнији на корозију али лошијих механичких карактеристика). Челичне конструкције имају доста предности у односу на друге грађевинске материјале. Поседују специфична својства као и значајне техничке и функционалне предности. Металне конструкције карактерише брз тренд развоја који је проузрокован појавом и развојем нових савремених метода прорачуна и анализе, као и развој потпуно аутоматизованих система за израду техничке документације на рачунару. Материјал за носеће конструкције челик поседује одређене карактеристике као што су мале димензије и тежине елемената челичних конструкција, лака манипулација, транспорт и монтажа, флексибилност и адаптивност, могућност демонтаже и трајна вредност.

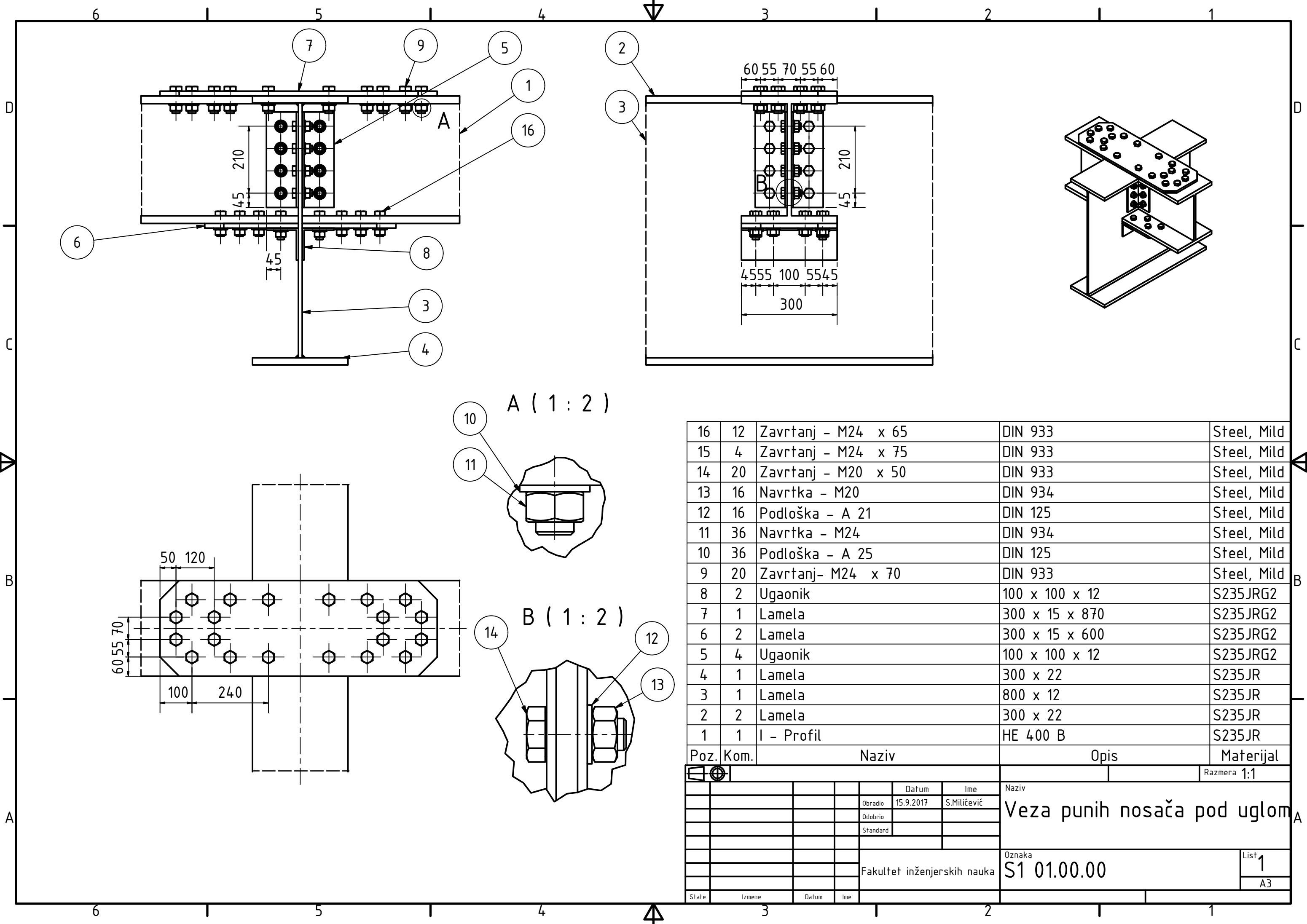
У пракси се сусрећемо са многобројним примерима спојених челичних елемената под углом. Њихова је примена велика, како у машиноградњи (спајање кућишта машина, прављење решетки код кранова, мостне дизалице, роторни багери и слично), тако и у зградарству где се везе јављају између носача и стубова, затим у мостogradњи између попречних и подужних носача као и између главних и попречних носача. Везе под углом се углавном остварују под правим углом, али постоји и могућност косог везивања, који је знатно скупљи у погледу потрошње материјала и у погледу времена потребног за израду. Због тога би требало избећи овај начин везивања.

Везе под углом омогућавају лако везивање два профила, везивање се може извршити у разним варијантама где се додају додатни материјали, као што су лимови или неки угаони профили. Везе се остварују помоћу стандардних завртњева или закивака или заваривањем. Завртњеви се користе у највише случајева да би се омогућила лакша демонтажа везе и обнова материјала. Спојјеви су изложени различитим временским условима и непогодама, услед чега настаје корозија. За спојеве унутар неке хале или слично, дејство корозије је минимално, самим тим век трајања спојева је повећан. Наравно употреба стандардних материјала и спојних средстава (завртњева и закивака) у изради металних конструкција, смањује цену и време израде.

Као пример конструисања везе под углом искоришћен је европски широконожни I профил ознаке HE 400 B и високовредни завртњеви који омогућавају пренос задатог оптерећења. Усвојени профил преноси силу преко притиснутог појаса HE 400 B. На крају прорачуна се врши контрола напона у затегнутој континуитет ламели, да би се обезбедила сигурност и стабилност конструкције. За 3D обликовање везе и приказ коришћен је програмски пакет INVENTOR, који пружа значајну предност при изради техничке документације. Дводимензионални приказ, приказује просторни карактер објекта коришћењем општих профила, као што су пројекције и пресеци.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Буђевац Д., Марковић З. и др., Металне конструкције -Основи прорачуна и конструисања, Грађевински факултет универзитета у Београду, Београд, 1997.
- [2] Домазет Ж., Крстуловић-Опара Л., Предлози за предавања из Металних конструкција и Конструисања, Факултет електротехнике стројарства и бродоградње, Сплит, 2006.
- [3] http://www.grf.bg.ac.rs/p/learning/p17_mk_2016_2017_1478579524612.pdf , преузето Октобар 2016.
- [4] Буђевац Д., Зарић Б., Челичне конструкције у Грађевинарству, ИРО „Грађевинска књига“, Београд 1995.
- [5] Николић Р., Марјановић В., Милетић И., Отпорност материјала, скрипта у електронској форми, Машински факултет, Крагујевац.
- [6] Петковић З., Металне конструкције у машиноградњи 2, Машински факултет у Београду, Београд, 2005.
- [7] Николић Р., Вељковић Ј., Марјановић В., Металне конструкције-збирка решених задатака, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2013.
- [8] Милосављевић М., Радојковић М., Кузмановић Б., Основи челичних конструкција, Грађевинска књига, Београд, 1986.
- [9] Острић Д., Металне конструкције, Машински факултет у Београду, Београд, 1988.
- [10] Бабин Н., Бркљач Н., Шостаков Р., Металне конструкције, ФТН издаваштво, Нови Сад, 2006.



16	12	Zavrtnanj - M24 x 65	DIN 933	Steel, Mild	
15	4	Zavrtnanj - M24 x 75	DIN 933	Steel, Mild	
14	20	Zavrtnanj - M20 x 50	DIN 933	Steel, Mild	
13	16	Navrtka - M20	DIN 934	Steel, Mild	
12	16	Podloška - A 21	DIN 125	Steel, Mild	
11	36	Navrtka - M24	DIN 934	Steel, Mild	
10	36	Podloška - A 25	DIN 125	Steel, Mild	
9	20	Zavrtnanj- M24 x 70	DIN 933	Steel, Mild	
8	2	Ugaonik	100 x 100 x 12	S235JRG2	
7	1	Lamela	300 x 15 x 870	S235JRG2	
6	2	Lamela	300 x 15 x 600	S235JRG2	
5	4	Ugaonik	100 x 100 x 12	S235JRG2	
4	1	Lamela	300 x 22	S235JR	
3	1	Lamela	800 x 12	S235JR	
2	2	Lamela	300 x 22	S235JR	
1	1	I - Profil	HE 400 B	S235JR	
Poz.	Kom.	Naziv	Opis	Materijal	
				Razmera 1:1	
		Datum	Ime	Naziv	
		Obradio	15.9.2017		Veza punih nosača pod uglom
		Odobrio			
		Standard			
				Oznaka	
		Fakultet inženjerskih nauka			
				List 1	
				A3	
State	Izmene	Datum	Ime		