

МОНТАЖНИ НАСТАВЦИ

30. Подела веза по ЕС3. Основне карактеристике моментне везе

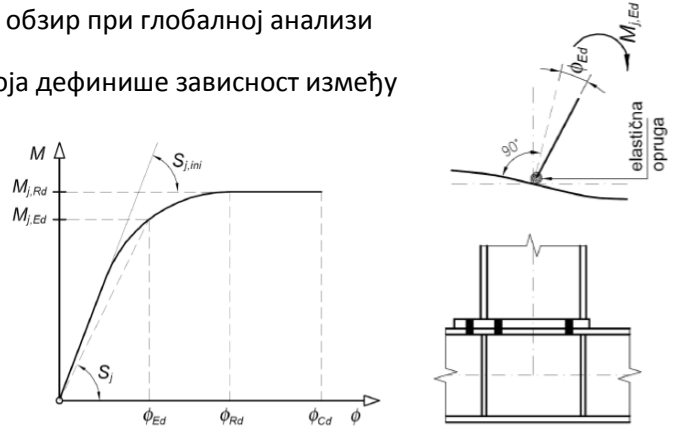
Везе се могу класификовати као:

- **просте везе**, не преносе моменте савијања
- **континуалне везе**, које преносе моменте савијања али се може претпоставити да њихово понашање не утиче на глобалну анализу
- **полу-континуалне везе**, чије понашање треба да се узме у обзир при глобалној анализи

Понашање једне реалне везе може се описати помоћу криве која дефинише зависност између момента савијања на месту везе (M) и релативног обртања (ϕ).

На основу M - ϕ криве добијају се 3 основне карактеристике:

1. момент носивости $M_{j,Rd}$
2. ротациона крутост S_j
3. капацитет ротације ϕ_{cd}



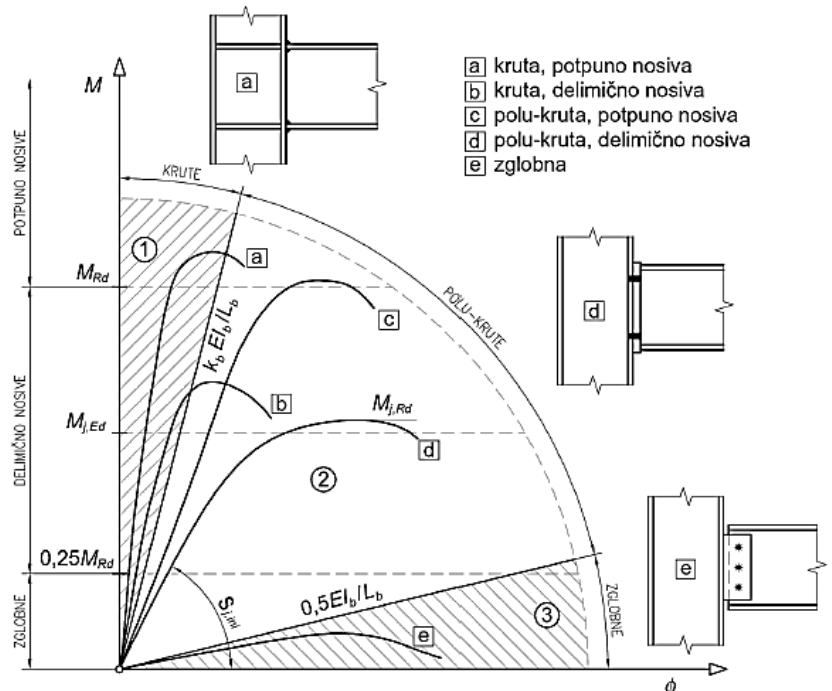
Подела веза према крутости:

- **зглобне везе** - не могу да прихвате значајан момент; треба да су у стању да пренесу силе које на њих делују и да омогуће слободну ротацију
- **круте везе** - њихова деформација нема значајан утицај на расподелу унутрашњих сила и момената у конструкцији, као ни на њену укупну деформацију; треба да буде у стању да пренесе спољашње силе и моменте
- **полукруте везе** - не испуњавају услове ни за круте ни за зглобне; понашање оваквих веза зависи од M - ϕ криве; њихова релативна ротација мора да се узме у обзир при глобалној анализи, било да се ради о пластичној или еластичној

Подела веза према носивости:

- **зглобне везе** - преносе само силе чијем су дејству изложене
- **потпуно носиве** - њихова рачунска носивост је већа или једнака од носивости коју има елемент који се везује
- **делимично носиве** - момент носивости везе је мањи од момента носивости греде на којој се веза налази

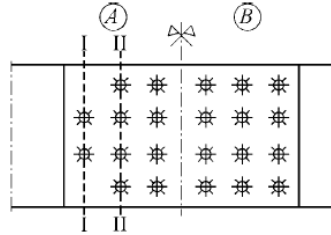
Главни критеријум за еластичну глобалну анализу је ротациона крутост, а за пластичну момент носивости и капацитет ротације!



31. Меродаван нето пресек за нормалан и смакнут (цик-цак) распоред завртњева

Нормалан распоред завртњева

За контролу напона, односно ојачање профила, меродаван је нето пресек на месту првог, или евентуално другог реда завртњева уколико је број завртњева у другом реду већи него у првом.

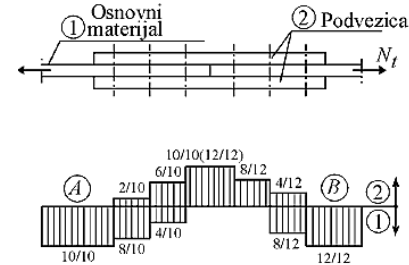


$$A_{f,net,I} = A_f - \Delta A_{f,I} = (b_f - n_{f,I} d_{0,f}) t_f$$

$$A_{f,net,II} = A_f - \Delta A_{f,II} = (b_f - n_{f,II} d_{0,f}) t_f$$

$$N_{Ed,I} = N_{Ed}$$

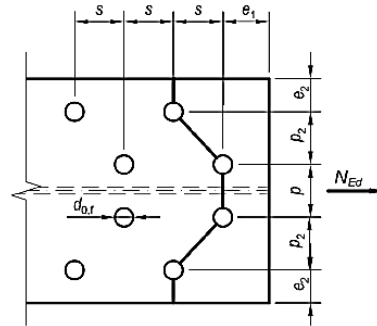
$$N_{Ed,II} = \frac{n_f - n_{f,I}}{n_f} N_{Ed} = \frac{8}{10} N_{Ed}$$



Смакнут распоред завртњева

Ако су завртњеви у смакнутом распореду такође треба анализирати и полигоналан, смакнути - „цик-цак“ пресек.

n_{c-c} - број завртњева у цикл-цак пресеку



$$A_{f,net,c-c} = A_f - \Delta A_f$$

$$A_{f,net,c-c} = A_f - t_f \left(n_{c-c} d_{0,f} - \sum \frac{s^2}{4p_2} \right)$$

$$A_{f,net,c-c} = b_f t_f - n_{c-c} t_f d_{0,f} + t_f \sum \frac{s^2}{4p_2}$$

Када је меродаван лом нето пресека?

Гранична носивост нето пресека је меродавна када је слабљење рупама за спојна средства веће од

$$\frac{A_{net}}{A} \leq \frac{1}{0,9} \frac{\gamma_{M2} f_y}{\gamma_{M0} f_u}$$

$$\frac{A_{net}}{A} \leq \frac{1}{0,9} \frac{1,25 f_y}{1,0 f_u} = 1,3889 \frac{f_y}{f_u}$$

- 10% за S235
- 13% за S275
- 3% за S355

$$S235 \quad \frac{A_{net}}{A} \leq 1,389 \frac{235}{360} = 0,907 \quad \Delta A \geq 0,10 A$$

$$S275 \quad \frac{A_{net}}{A} \leq 1,389 \frac{275}{430} = 0,888 \quad \Delta A \geq 0,13 A$$

$$S355 \quad \frac{A_{net}}{A} \leq 1,389 \frac{355}{510} = 0,967 \quad \Delta A \geq 0,03 A$$

32. Прорачун монтажног наставка штапа према сили затезања

Опште:

Код I профила наставка ребра се увек изводи са обостраним подвезицама, док се наставка ножица код ваљаних I профила, због нагиба, остварује помоћу једностранних подвезица. У осталим случајевима, код заварених I профила, ваљаних IPE, HEA, HEB и др., ножице треба наставити помоћу обостраних подвезица. Примена обостраних подвезица је боља, јер се на тај начин обезбеђује симетрично преношење силе и повећава сечност, а самим тим и носивост завртњева. Наставци штапова могу да се остваре помоћу завртњева или заваривањем помоћу угаоних или сучеоних шавова.

Прорачун према аксијалној сили затезања:

Потребно је проверити (димензионисати) све елементе који учествују у преношењу силе.

Потребно је да се спроведу следећа три корака:

- контрола носивости ослабљеног пресека и ојачање, ако је потребно (само код заварених профила)
- прорачун подвезица
- прорачун завртњева

Обзиром на константан дијаграм нормалних напона, расподела аксијалне силе на ножице и ребро врши се сразмерно њиховим површинама:

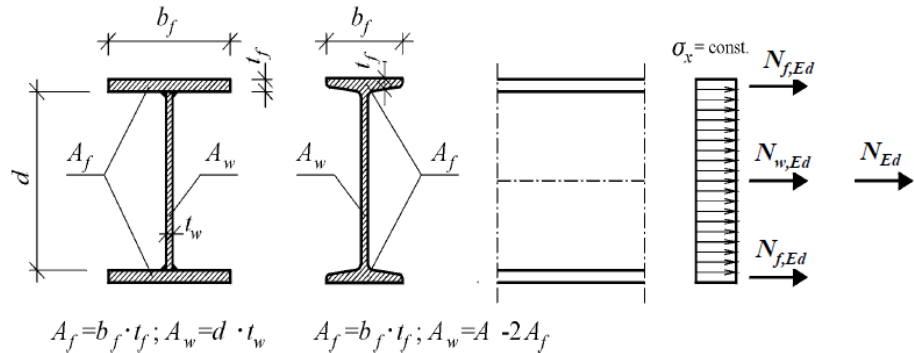
- сила у ножици

$$N_{f,Ed} = N_{Ed} \frac{A_f}{A}$$

- сила у ребру

$$N_{w,Ed} = N_{Ed} \frac{A_w}{A} = N_{Ed} - 2N_{f,Ed}$$

Прорачун се врши посебно за ножице, а посебно за ребро.



➤ Прорачун наставка ножице

- прво треба да се одреди пречник спојног средства $opt d_0 = \sqrt{5ts, min} - 0,2$

$t_{s,min}$ је уствари једнака дебљини подвезица, претп $t_{s,min} = \begin{cases} tf & \text{за једностране подвезице} \\ 0,6tf & \text{за обостране подвезице} \end{cases}$

- потом завртњеви треба да се распореде у оквиру попречног пресека ножице, сходно линијама завртњева датих у табели (2.22 и 2.23)
- одређујемо број завртњева у једном реду (по ширини ножице)

- контрола носивости ослабљеног - нето пресека:

$$A_{f,net} = A - \Delta A_f = t_f (b_f - n_{f,1} d_{o,f})$$

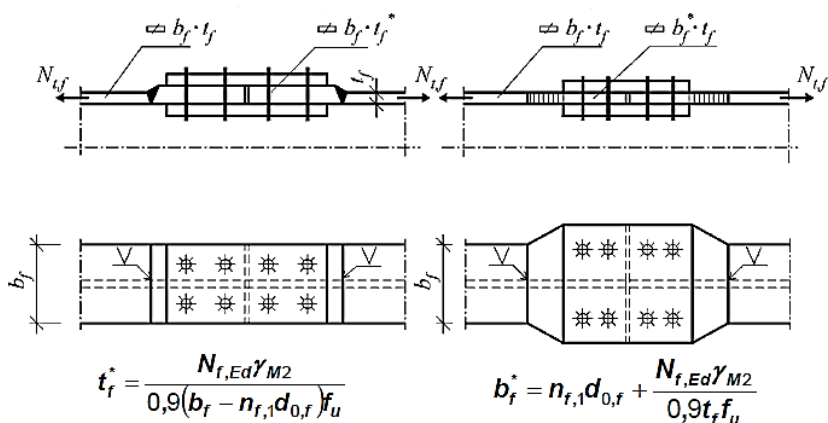
$n_{f,1}$ - број завртњева у једном реду

$$N_{f,Ed} \leq N_{f,Rd} = \min\left(A_f \frac{f_y}{\gamma_{M0}}; 0,9 A_{f,net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}}\right)$$

Када је носивост ослабљеног нето пресека прекорачена, вршимо ојачање ножица (само код заварених профила!)

- ојачање се може остварити на два начина:

- повећањем дебљине - t_f^*
- повећањем ширине - b_f^*



За прорачун подвезица меродаван је увек пресек кроз последњи ред завртњева уз прекид елемента.

- димензије подвезица се одређују из услова:

$$N_{f,Ed} \leq N_{p,f,Rd}$$

$$N_{p,f,Rd} = \min(A_{p,f} f_y / \gamma_{M0}; 0,9 A_{p,f,net} f_u / \gamma_{M2})$$

$A_{p,f}$ - бруто површина попречног пресека подвезица

$A_{p,f,net}$ - нето површина подвезица

- за обостране подвезице: $b_{p,1} = b_f$, $b_{p,2} > 2,4 d_{0,f}$
- за једностране подвезице: $b_p = b_f + 2,5$
- $t_{p,f}$ зависи од $N_{f,Ed}$, $b_{p,1}$, $b_{p,2}$, $n_{f,1}$, $d_{0,f}$...

- потребан број завртњева на ножицама се одређује из услова:

$$n_f \geq \frac{N_{f,Ed}}{F_{Rd}}$$

n_f - укупан потребан број завртњева на једној ножици

F_{Rd} - минимална прорачунска носивост завртња у смичућем споју

Минимална носивост завртња зависи од категорије смичућег споја (А, В, С) и треба да се одреди на сл. начин:

Kategorija A: $F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}, \min F_{b,Rd})$

Kategorija B: $F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}, \min F_{b,Rd})$ ali $n_f \geq \frac{N_{f,Ed,ser}}{F_{s,Rd,ser}}$

Kategorija C: $F_{Rd} = \min(F_{s,Rd}, \min F_{b,Rd})$

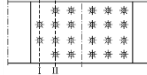
$\min F_{b,Rd}$ - минимална носивост на притисак по омотачу рупе ножице и подвезице

➤ Прорачун наставка ребра

- важе исти принципи као и при прорачуну наставка ножице
- ребро се увек наставља симетричним, обостраним подвезицама, које се постављају по читавој расположивој висини
- прво одређујемо пречник завртња и њихов распоред по висини ребра
- пречник завртња на ребру је углавном мањи од пречника завртња на ножици (за 1 или 2 калибра)
- завртњеви су двосечни
- контрола носивости ослабљеног (нето) пресека:

$$N_{w,Ed} \leq N_{w,Rd} = \min\left(A_w \frac{f_y}{\gamma_{M0}}; 0,9 A_{w,net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}}\right)$$

$$A_{w,net,I} = A_w - \Delta A_{w,I} = (h_w - n_{w,I} d_{0,w}) t_w$$



$$A_{w,net,II} = A_w - \Delta A_{w,II} = (h_w - n_{w,II} d_{0,w}) t_w$$

$$t_w^* = \frac{N_{w,Ed} \gamma_{M2}}{0,9(h_w - n_{w,1} d_{0,w}) f_u}$$

- ојачање ребра може да се оствари само повећањем дебљине:

- дебљину подвезица одређујемо из услова:

$$N_{w,Ed} \leq N_{p,w,Rd}$$

$$N_{p,w,Rd} = \min(A_{p,w} f_y / \gamma_{M0}; 0,9 A_{p,w,net} f_u / \gamma_{M2})$$

$$A_{p,w,net} = 2(h_p - n_{w,1} d_{0,w}) t_{p,w}$$

$$t_{p,w} = \frac{N_{w,Ed} \gamma_{M2}}{1,8(h_p - n_{w,1} d_{0,w}) f_u} \quad \text{али не мање од} \quad \frac{N_{w,Ed} \gamma_{M0}}{2h_p f_y}$$

- потребан број завртњева одређујемо из услова:

$$n_w \geq \frac{N_{w,Ed}}{F_{Rd}}$$

n_w - укупан потребан број завртњева на ребру

F_{Rd} - минимална прорачунска носивост завртња на ребру

(зависи од категорије смичућег споја, одређује се као код ножице)

Контрола читавог пресека:

- контрола носивости ослабљеног пресека:

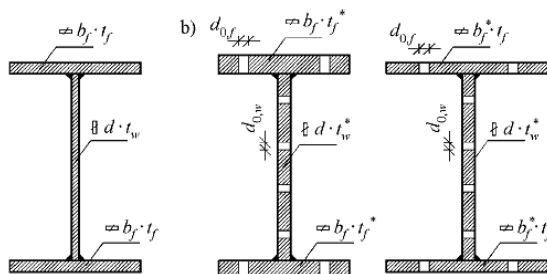
$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = N_{f,Rd} + N_{w,Rd}$$

- контрола носивости подвезица:

$$N_{Ed} \leq N_{p,Rd} = N_{p,f,Rd} + N_{p,w,Rd}$$

- контрола носивости завртњева:

$$N_{Ed} \leq F_{Rd} = F_{f,Rd} + F_{w,Rd}$$



33. Прорачун статички покривеног монтажног наставка штапа (према површини пресека)

Прорачун карактеришу следећа три корака:

1. ојачање штапа у зони наставка
2. прорачун подвезица
3. прорачун броја завртњева

Наставци се димензионишу тако да носивост свих елемената везе буде већа или једнака од носивости штапа изван наставка.

Обзиром да се штапови од ваљаних профила, по правилу, не ојачавају, у погледу компензације слабљења штапа на месту наставка, разликују се две врсте статички покривених штапова:

1. са компензацијом површине ΔA - код заварених профила - бруто пресек

$$N_{t,Ed,max} = N_{t,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

2. без компензације површине ΔA - код ваљаних профила - нето пресек

$$N_{t,Ed,max} = N_{t,Rd} = \min\left(A \frac{f_y}{\gamma_{M0}}; 0,9 A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}}\right)$$

Услови за димензионисање:

$$N_{f,net,Rd} \geq N_{f,Rd}$$

$$N_{w,net,Rd} \geq N_{w,Rd}$$

$$N_{net,Rd} \geq N_{Rd}$$

носивост нето пресека штапа на месту наставка
 \geq
носивост бруто пресека штапа изван наставка,
појединачно за
ножице,
ребро и
читав попречни пресек

*** Прорачун монтажних наставка притиснутог штапа према N_c

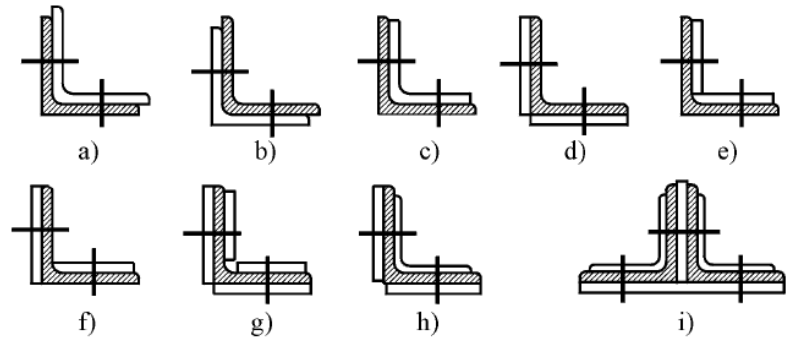
- није потребна контрола пресека ослабљеног рупама, нити његово ојачање
- отвори који нису испуњени завртњевима морају да се узму у обзир
- прорачунавају се само подвезице и потребан број завртњева
- прерасподела сила на ножице и ребро се врши као код затегнутог штапа
- подвезице се димензионишу према бруто површини попречног пресека (A)

34. Прорачун и конструисање монтажних наставкаа L профила и сандучастих пресека

L ПРОФИЛИ

Прорачун наставкаа угаоника је исти као код I профила. Једина разлика је у расподели силе. Код једнакокраких угаоника сваки крак прима по половину укупне силе ($N/2$), док се код разнокраких угаоника дели пропорционално површини.

Наставци L профила се, углавном, остварују помоћу подвезица, које могу да буду такође од угаоника, или од лима за сваки крак посебно.



Угаоне подвезице се постављају са спољашње, унутрашње или са обе стране угаоника.

При димензионисању подвезица треба обезбедити да је њихова нето површина већа или једнака од нето површине угаоника.

САНДУЧАСТИ ПРОФИЛИ

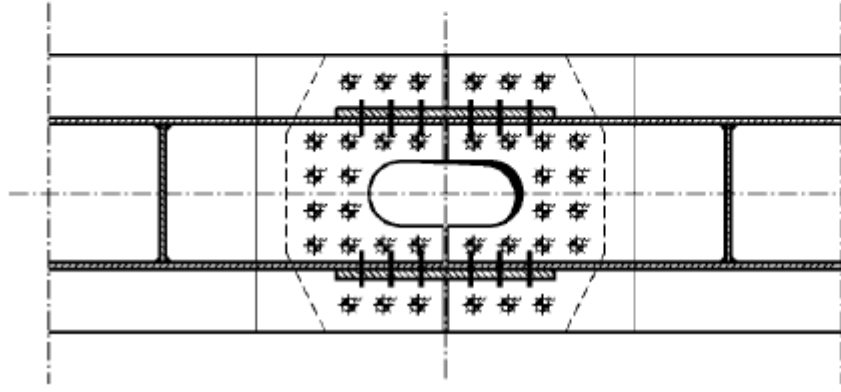
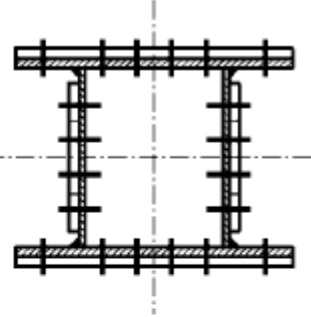
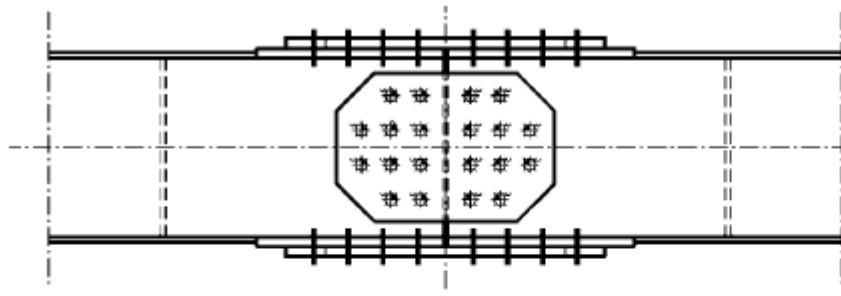
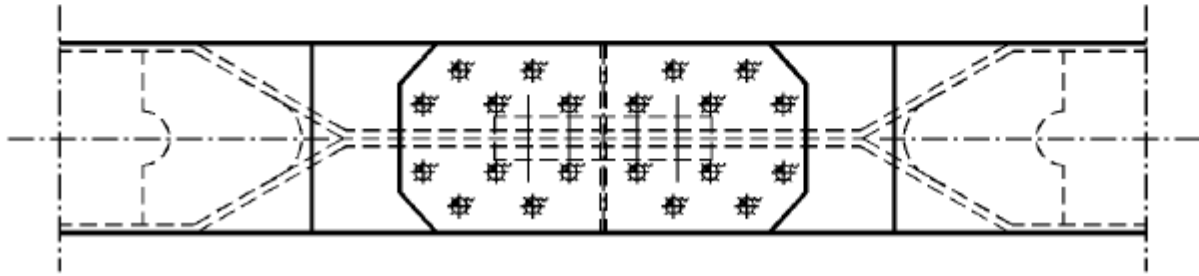
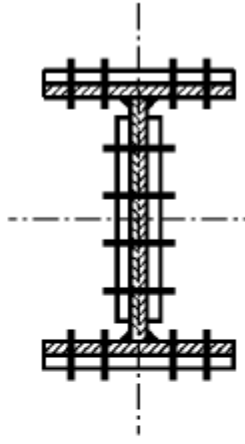
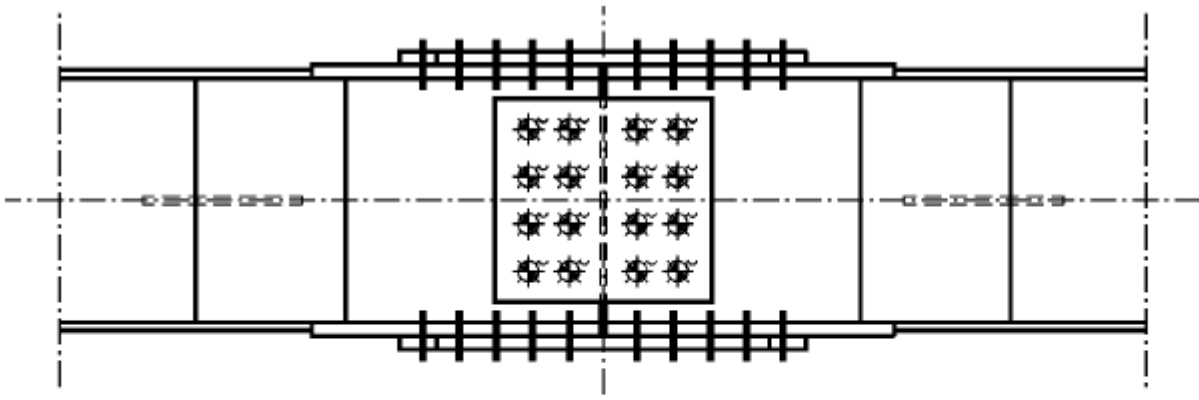
Код прорачуна монтажних наставкаа штапова сандучастог попречног пресека основни проблем је постављање завртњева, због неприступачне унутрашњости профила.

Примењују се две варијанте:

1. у зонама наставкаа штап се трансформише у I штап са двоструким ребром, а монтажни наставак формира се на уобичајен начин;
2. на доњој ножици се на месту наставка направи отвор, а геометрија остаје иста.

1. Претварање у I профил се остварује савијањем ребара и њиховим спајањем на месту наставка у јединствено ребро. Да би се обезбедило очување геометрије ребра, на средини висине се постављају укрућења. Овакве наставке треба избегавати код притиснутих штапова, јер се на месту наставка знатно смањује крутост на савијање око осе паралелне са ребрима. Могу да се примењују у близини ослонаца.

2. Прављењем отвора се омогућује приступ унутрашњости профила. Отвор се увек поставља на доњој ножици, како не би дошло до продора воде у унутрашњост штапа. Због отвора, прорачун горње и доње ножице је различит. Подвезица на доњој ножици је знатно дебља од подвезице на горњој ножици. Ширина рупе min 160mm.



35. 36.

Опште:

Елементи конструкције код којих савијање представља доминантан вид напрезања називају се носачи. Њихови наставци или везе такође треба да буду способни да прихвате утицаје који се јављају у носачима, а то су: момент савијања (M) и трансверзална сила (V).

Расподела нормалних напона у попречном пресеку носача оптерећеног моментом савијања је линеарна. Због тога се и у подвезицама и у завртњевима јавља линеарна расподела напрезања. Највећи део трансверзалне силе прима ребро, док појасеви примају само њен мали део, па се при прорачуну наставака претпоставља да целокупну трансверзалну силу преносе само подвезице и завртњеви на ребру.

Као и у случају монтажног наставка штапа, прорачун може да се спроведе:

- према задатим пресечним силама;
- као статички покривен наставак.

Обзиром да код носача у делу пресека са једне стране неутралне осе владају напони притиска, а у делу са друге стране напони затезања, слабљење пресека треба да се узме у обзир само у затегнутој ножици. Губитак површине попречног пресека у затегнутом делу ребра на месту рупа може да се занемари.

Монтажни наставак треба поставити ван зоне максималног момента.

35. Прорачун монтажног наставка носача према задатим силама

Као први корак прорачуна треба одредити колики део M , V , N преносе поједини делови носача (ножице и ребро). Расподела M и V се врши сразмерно њиховим моментима инерције односно односу (I/S), а N према површини.

$$M_{f,Ed} = M_{Ed} \frac{I_f}{I}$$

$$M_{w,Ed} = M_{Ed} \frac{I_w}{I}$$

$$V_{w,Ed} = V_{Ed} \frac{I_w / S_w}{I / S} \approx V_{Ed}$$

$$V_{f,Ed} = V_{Ed} \frac{I_f / S_f}{I / S} \approx 0$$

За прорачун су карактеристична следећа три корака:

- I контрола носивости ослабљеног пресека и по потреби ојачање
- II прорачун завртњева
- III прорачун подвезица

Прорачун завртњева и подвезица се врши посебно за ножице и за ребро.

I Ослабљени пресек на месту наставка

Рупе за спојна средства могу да се занемаре ако је испуњен услов:

A_f и $A_{f,net}$ - бруто и нето површина затегнуте ножице

$$\frac{0,9 A_{f,net} f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$$

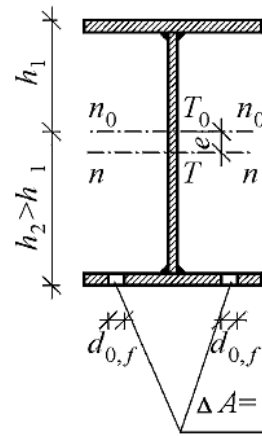
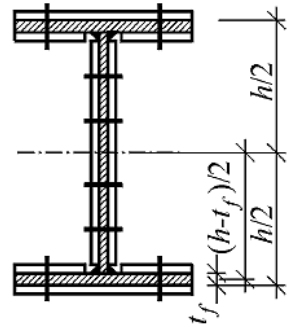
У супротном, момент носивости ослабљеног попречног пресека $M_{u,net,Rd}$ треба да се одреди за одговарајућу класу пресека, на основу редуковане површине попречног пресека затегнуте ножице:

$$A_{f,red} = 0,9 A_{f,net} \frac{f_u \gamma_{M0}}{f_y \gamma_{M2}} \leq A_f$$

Рупе у затегнутом делу ребра такође могу да се занемаре ако је претходни услов задовољен за читаву затегнуту зону пресека коју чине затегнута ножица и затегнути део ребра.

Померање неутралне осе услед несиметричног слабљења и сопствени момент инерције ΔA .

Zategnuta nožica



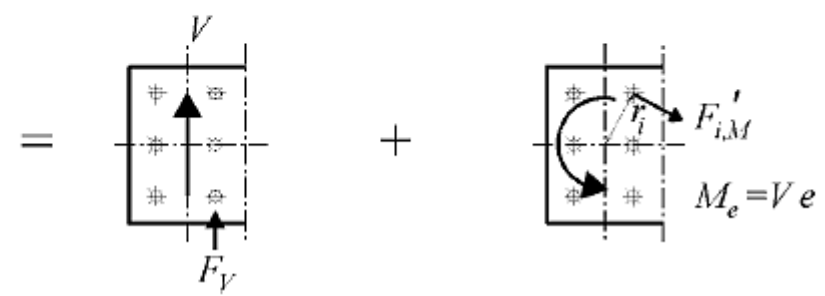
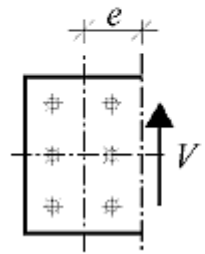
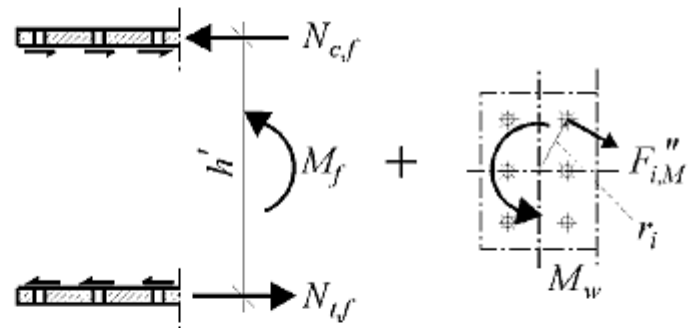
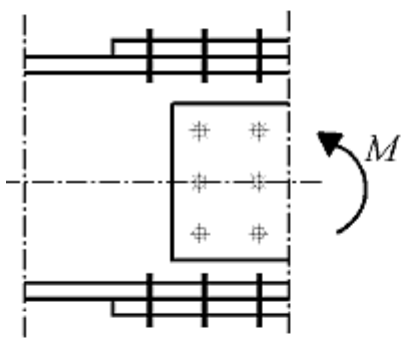
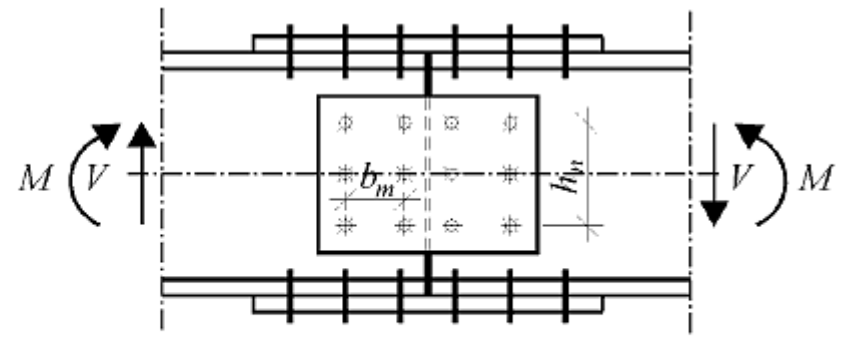
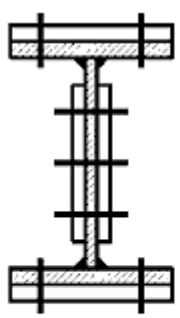
$$M_{Ed} \leq M_{u,net,Rd}$$

$$A_{f,red} = 0,9 A_{f,net} \frac{f_u \gamma_{M0}}{f_y \gamma_{M2}} \leq A_f$$

$$A_{f,net} = A_f - \Delta A_f$$

Потребан број завртњева на ножицама се одређује тако што се момент савијања M_f замењује еквивалентним спрегом сила.

$$M'_{w,Ed} = M_{w,Ed} + M_e = M_{Ed} \frac{I_w}{I} + V_{Ed} e$$



II Прорачун завртњева

A Прорачун завртњева на ножицама

Проблем савијања може да се преведе у проблем аксијалног напрезања:

$$N_{t,f,Ed} = -N_{c,f,Ed} = M_{f,Ed} / h'$$

$h' = h$ за једностране подвезице на ножицама
 $h' = h - t_f$ за обостране подвезице

$M_{f,Ed}$ - момент у ножици
 h' - крак унутрашњих сила

Број завртњева на ножици:

$$n_f \geq \frac{N_{t,f,Ed}}{F_{Rd}}$$

F_{Rd} - минимална гранична носивост завртња на ножицама

B Прорачун завртњева на ребру

- завртњеви на ребру су оптерећени смичућом силом V_{Ed} и моментом савијања $M'_{w,Ed} = M_{w,Ed} + M_E = M_{Ed} \frac{I_w}{I} + V_{Ed} e$
- услед ових сила у завртњевима се јавља смицање
- расподела V_{Ed} у завртњевима је равномерна, а расподела $M'_{w,Ed}$ је линеарна
- најоптерећенији су завртњеви који су најудаљенији од тежишта везе
- од геометрије везе зависи поступак прорачуна

Наставци носача се могу поделити на:

- а) високе ($h_{max} / b_{max} > 2$)
- б) широке ($h_{max} / b_{max} \leq 2$)

h_{max} - вертикално растојање између првог и последњег завртња

b_{max} - хоризонтално растојање између првог и последњег завртња у реду, са једне стране везе

Код високих наставака прорачун сила у завртњевима на ребру се врши према екваторијалном моменту инерције.

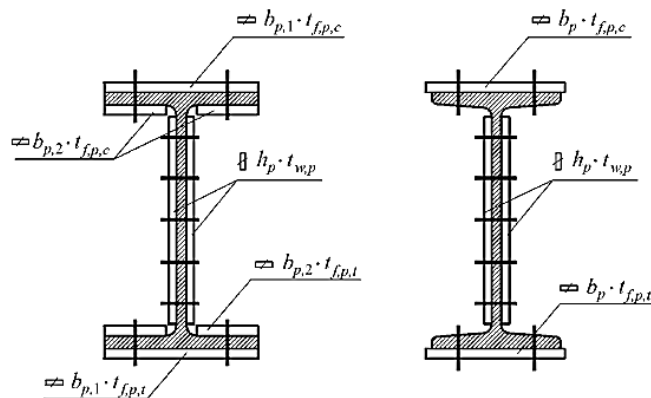
Код широких наставака прорачун сила у завртњевима на ребру се врши према поларном моменту инерције.

У оба случаја димензионисање завртњева на ребру се врши за најоптерећенији завртњањ.

III Прорачун подвезица

Прорачун подвезица се спроводи посебно за:

- затегнуту ножицу
- притиснуту ножицу
- ребро



A Прорачун подвезица на ножицама

Ширина подвезица се одређује према ширини ножица као код штапова.

Дебљина подвезица се одређује на основу потребне површине.

Из практичних разлога уобичајено је да се усвоје исте дебљине подвезица за затегнуту и притиснуту ножицу.

а) на затегнутој ножици: $N_{f,Ed} \leq N_{p,f,t,net,Rd}$ $N_{p,f,net,Rd} = \min(A_{p,f,t} f_y / \gamma_{M0}; 0,9 A_{p,f,t,net} f_u / \gamma_{M2})$

в) на притиснутој ножици: $N_{f,Ed} \leq N_{p,f,c,Rd} = A_{p,f,c} f_y / \gamma_{M0}$

B Прорачун подвезица на ребру

Подвезице на ребру прихватају смичућу силу V_{Ed} и део момента $M_{w,Ed}$ и морају да задовоље следећа два услова:

$$M_{w,Ed} \leq M_{p,w,Rd} = W_{p,w} f_y / \gamma_{M0} \quad V_{Ed} \leq V_{p,w,Rd} = A_{p,w} (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$$

$W_{p,w}$ - отпорни момент подвезица на ребру

$A_{p,w}$ - површина подвезица на ребру

Из услова смицања може да се одреди потребна дебљина подвезица:

$$t_p \geq \frac{V_{Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0}}{2 h_p f_y}$$

Често је ова дебљина недовољна, јер због мање висине подвезица у односу на ребро момент носивости захтева већу дебљину.

36. Прорачун статички покривеног монтажног наставка носача

Уколико је потребно да степен сигурности наставка носача буде исти или већи од степена сигурности самог носача, наставка се пројектује као статички покривен, тако да може да прихвати исте или веће статичке утицаје од носача.

Морају бити испуњени следећи услови:

1. момент носивости ослабљеног пресека на месту наставка \geq носивост попречног пресека носача изван наставка (код заварених носача врши се ојачање ножица и ребра ако је потребно)
2. момент носивости подвезица \geq момент носивости попречног пресека носача изван наставка
3. момент носивости завртњева \geq момент носивости попречног пресека носача изван наставка

1. Носивост ослабљеног пресека - ојачање

Услови које треба испунити на месту слабљења рупама:

$$N_{Ed,max} = A f_y / \gamma_{M0} \leq N_{u,net,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$M_{Ed,max} = W_y f_y / \gamma_{M0} \leq M_{u,net,Rd}$$

$N_{Ed,max}$ - максимална аксијална сила која је једнака носивости попречног пресека изван наставка

$M_{Ed,max}$ - максимални момент савијања око у-у осе који је једнак моменту носивости пресека изван наставка

Уколико ови услови нису задовољени, неопходно је да се изврши ојачање попречног пресека (само код заварених профила). Ојачање се врши у зони затезања (затегнута ножица), на исти начин као код штапова.

2. Прорачун подвезица

$$M_{Ed,max} = W_y f_y / \gamma_{M0} \leq M_{u,p,net,Rd}$$

$$V_{Ed,max} = A_w (f_y / \sqrt{3}) \gamma_{M0} \leq V_{p,w,Rd}$$

Подвезице на ножицама могу да се прорачунају на исти начин као код затегнутих елемената.

Подвезице на ножицама и потребан број завртњева одређују се

на основу максималне аксијалне силе у затегнутој ножици:

$$N_{f,Ed,max} = A_f \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Подвезице на ребру се одређују на основу максималне смичуће силе $V_{Ed,max}$ и момента у ребру $M_{w,Ed,max} = \frac{I_w}{I} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$.

3. Момент носивости завртњева

- на ножицама:

$$M_{b,f,Rd} \geq M_{f,Ed,max} = W_y f_y / \gamma_{M0} \frac{I_f}{I}$$

- на ребру:

$$M_{b,w,Rd} \geq M_{w,Ed,max} = W_y f_y / \gamma_{M0} \frac{I_w}{I}$$

широки наставци

високи наставци

$$M_{b,w,Rd} = F_{Rd} \frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{r_{max}}$$

$$M_{b,w,Rd} = n_2 F_{Rd} \frac{\sum_{i=1}^{n_1/2} h_i^2}{h_{max}}$$

Момент носивости завртњева на ножицама је задовољавајући ако је њихова носивост већа од максималне аксијалне силе у затегнутој ножици $N_{f,Ed,max}$:

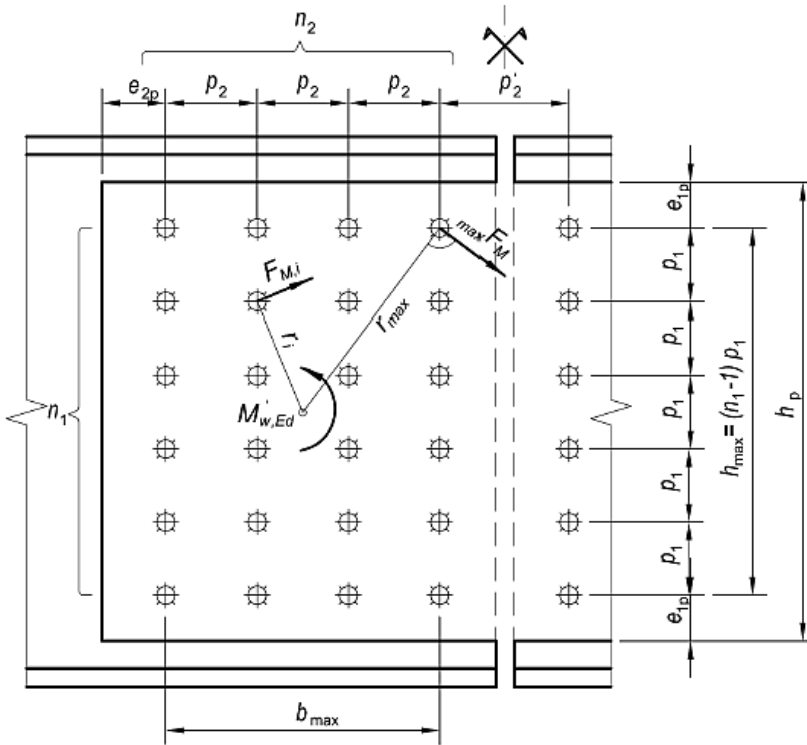
$$n_f F_{Rd} \geq N_{f,Ed,max}$$

37. Широки и високи наставци - поларни и екваторијални момент инерције завртњева

➤ Прорачун према поларном моменту инерције

Овај поступак заснива се на претпоставци да силе у завртњевима делују управно на правац њиховог вектора положаја.

Максимална сила у најоптерећенијем завртњу на ребру услед дејства $M'_{w,Ed}$ добија се из услова $\Sigma M=0$.



Uslov ravnoteže:

$$\Sigma M = 0 \Rightarrow$$

$$\Sigma F_{M,i} r_i = M'_{w,Ed}$$

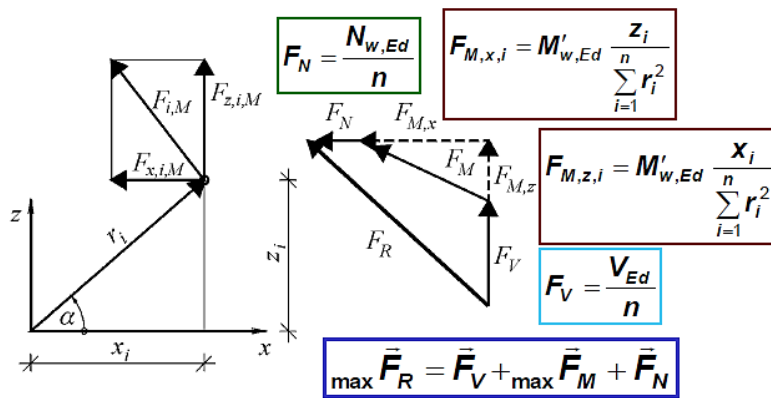
Linearna raspodela sila:

$$F_{M,i} = \max F_M \frac{r_i}{r_{max}}$$

Sila u najopterećenijem zavrtnju:

$$\max F_M \frac{\Sigma r_i^2}{r_{max}} = M'_{w,Ed} \Rightarrow$$

$$\max F_M = M'_{w,Ed} \frac{r_{max}}{\Sigma r_i^2}$$

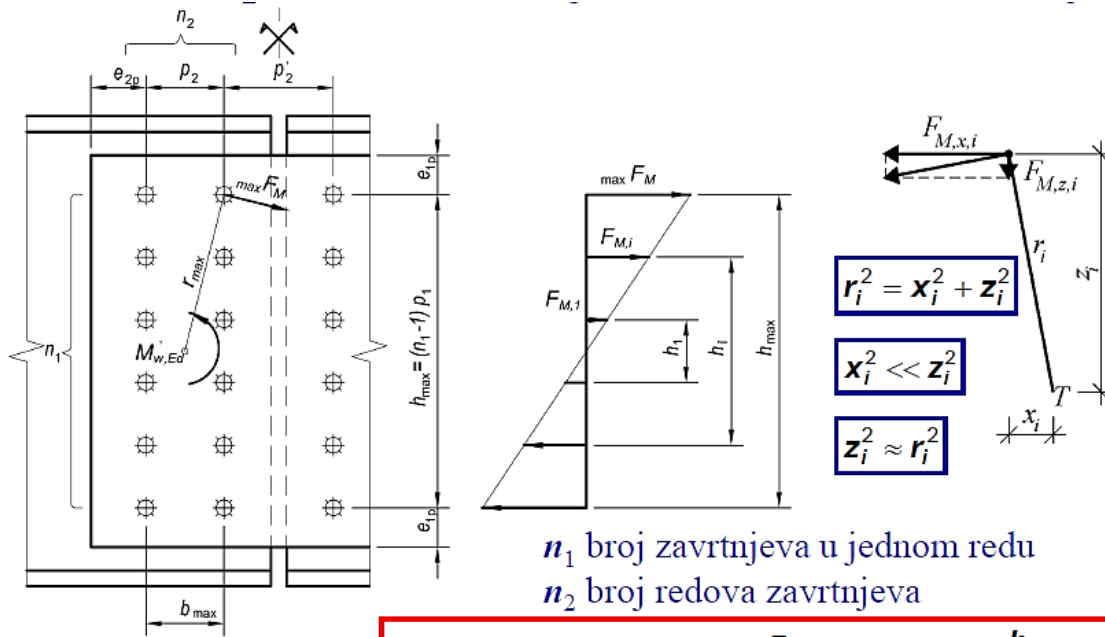


$$\max F_{M,z} = M'_{w,Ed} \frac{x_{max}}{\Sigma r_i^2} \quad \max F_{M,x} = M'_{w,Ed} \frac{z_{max}}{\Sigma r_i^2}$$

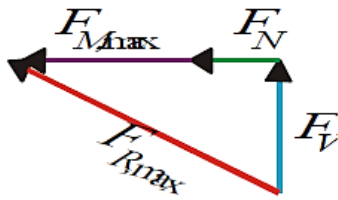
$\max F_R = \sqrt{(F_N + \max F_{M,x})^2 + (F_V + \max F_{M,z})^2} \leq F_{Rd}$

➤ Прорачун према екваторијалном моменту инерције

Код високих наставака вертикална компонента силе услед момента савијања у најоптерећенијем завртњу $\max F_{M,z}$ је много мања од $\max F_{M,x}$, јер је $x_i \ll z_i$. Како у изразима за одређивање силе у завртњевима фигурише квадрат вектора положаја ($r_i^2 = x_i^2 + z_i^2$), а $x_i^2 \ll z_i^2$, можемо усвојити да је $r_i^2 \approx z_i^2$ и да постоји само хоризонтална компонента $\max F_{M,x}$, а $\max F_{M,z}$ занемарујемо.



$$\max F_M \approx \max F_{M,x} = M'_{w,Ed} \frac{z_{\max}}{n \sum_{i=1}^n z_i^2} = M'_{w,Ed} \frac{h_{\max}}{n_1^{1/2} n_2 \sum_{i=1}^n h_i^2}$$



$$F_N = \frac{N_{w,Ed}}{n}$$

$$F_V = \frac{V_{Ed}}{n}$$

$$\sum_{i=1}^n h_i^2 = \frac{n_1 (n_1^2 - 1) p_1^2}{6}$$

$$h_{\max} = p_1 (n_1 - 1)$$

$$\max F_M = M'_w \frac{h_{\max}}{n_2 \sum_{i=1}^n h_i^2}$$

$$\max F_M = M'_w \frac{6 (n_1 - 1) p_1}{n_2 n_1 (n_1^2 - 1) p_1^2} = M'_w \frac{6}{n_2 n_1 (n_1 + 1) p_1}$$

n укупан број завртњева ($n = n_1 n_2$)

Rezultujuća sila u najopterećenijem zavrtnju:

$$\max F_{R,Ed} = \sqrt{F_V^2 + (F_N + \max F_M)^2}$$

Uslov koji mora da bude ispunjen:

$$\max F_{R,Ed} \leq F_{Rd}$$