



Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak egyszerűsített méretezése

TDK konferencia
Építészmérnöki kar
2016

Szerző: **Kristóf Imola**
Konzulens: **Dr. Hegyi Dezső**, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Tartalomjegyzék

I. BEVEZETÉS	2
II. A VIZSGÁLAT FELÉPÍTÉSE	4
2.1. A helyettesítő T-elem.....	4
2.2. A törésképek.....	6
2.3. A csavarsorok helyzetének meghatározása.....	7
2.4. A csavarok csavarsoron belüli helyzete	8
2.5. A gerinc megtámasztó hatása.....	11
2.6. A csavarok vízszintes tengelytávolsága	13
III. AZ ÉRTÉKEK RENDSZEREZÉSE	18
IV. AZ EGYSZERŰSÍTETT ELJÁRÁS	19
4.1. A számítás menete.....	20
4.2. A méretek korrigálása	21
V. TERVEZŐI SZABADSÁG LEHETŐSÉGE	22
5.1. Tervezői szabadság a geometriában.....	22
5.2. Képlékeny tönkremenetel.....	23
VI. ÖSSZEGZÉS	24
VII. FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁSOK	25
7.1. Források	25

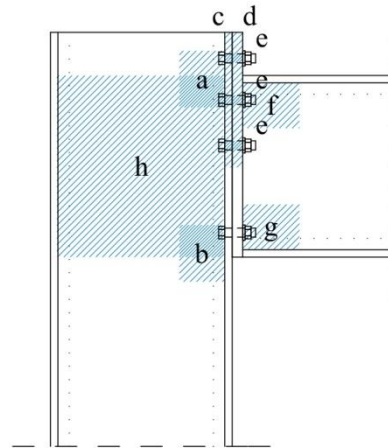
I. BEVEZETÉS

Az acél szerkezeti elemek csomópontjainak kialakítására széles körben alkalmazott megoldás a homloklemez-es kapcsolat. Ilyen csomópontok fordulnak elő oszloptalpak rögzítésénél, gerendák összeillesztésénél illetve oszlopok és gerendák találkozásánál. Előbbiek gyakran csuklóként viselkednek, azonban utóbbi esetben a kapcsolatnak nyomaték felvételére is alkalmasnak kell lennie.

Az Eurocode a mechanikai viselkedés vizsgálatához a komponens módszert javasolja, melynek során a csomópont egyes alkotóelemeit szükséges méretezni. [1]

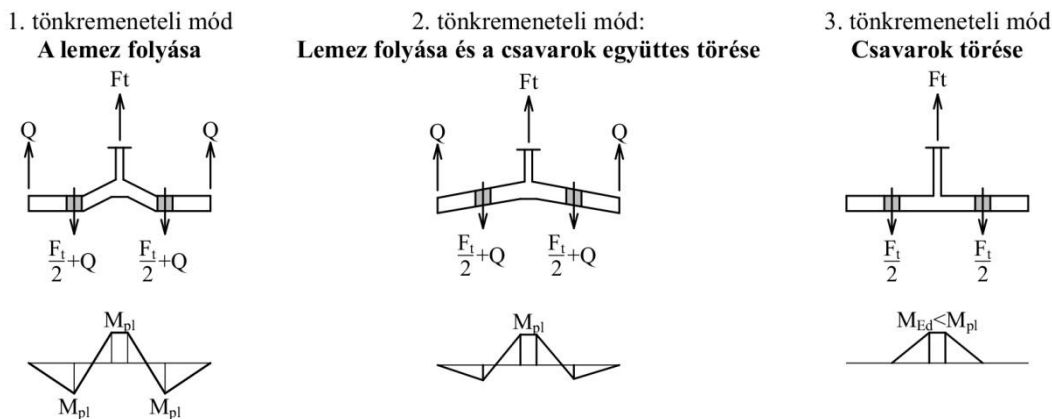
A vizsgálandó komponensek:

- a) Húzott oszlopperinc
- b) Nyomott oszlopperinc
- c) Húzott oszlopöv
- d) Hajlított homloklemez
- e) Húzott csavarok
- f) Húzott gerendagerinc
- g) Nyomott gerendaöv és gerinc
- h) Nyírt oszlopperinc



1. ábra: A vizsgálandó komponensek [1]

A komponensek egy részének teherbírása helyes szelvényválasztással és megerősítő elemek, diafragmák alkalmazásával olyan mértékig megnövelhető, hogy azok a kapcsolat tönkremenetelét ne befolyásolják. Munkám során a hajlított homloklemez és a húzott csavarok vizsgálatát végeztem el, mivel e két elem tönkremenetele a legjellemzőbb, illetve azokat elsősorban a csavarkép kialakítása határozza meg. Az EC3 által javasolt helyettesítő T-elemes vizsgálat ad megoldást ellenőrzésükre, három lehetséges tönkremeneteli módot figyelembe véve: az övlemez folyását, a lemez és a csavarok együttes tönkremenetelét, illetve a csavarok törését. [1] [2]

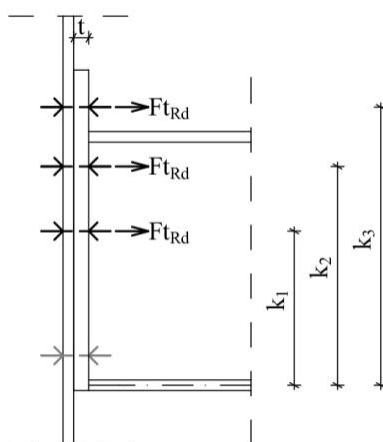


2. ábra: A tönkremeneteli módok [1] [2]

Ezek közül a *lemez folyása* illetve a *lemez folyása és a csavarok együttes törése* több tényező által befolyásolt, a számításokban nehezen modellezhető jelenség; azonban a *csavarok törése* könnyen kezelhető, gyakorlatias módszerekkel számítható.

Dolgozatomban különböző típusú szelvényekhez határozok meg olyan geometriai elrendezéseket, amelyek felhasználásával a három tönkremeneteli mód közül mindig a csavarok törése a mértékadó. Az így kialakított kapcsolatokkal gazdaságos kialakítás érhető el, mivel a kötőelemek jellemzően drágábbak a szerkezeti acélnál, ezért érdemes ezek teherbírását maximálisan kihasználni.

A kapcsolat nyomatéki ellenállását a húzott csavarkép és a nyomott öv alkotta erőpár adja. Az egyszerűsített eljárás során a kapcsolat teherbírásának ellenőrzésekor - az összetett, fokozott odafigyelést igénylő módszerrel ellentétben - elegendő a csavarok ellenállása alapján meghatározott nyomatéki egyenlet felírása a nyomott öv tengelyére. A dolgozat magyarázatot ad a szerkesztési szabályokra és a csavarok optimális elrendezésére.



3. ábra: Az egyszerűsített eljárás

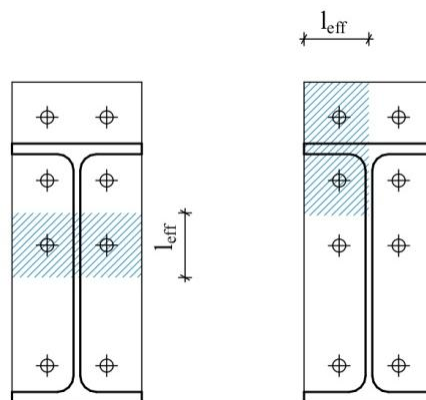
Az általam elvégzett vizsgálatokhoz hasonló egyszerűsítési módszert vezetett be Armuth Miklós és Bodnár Miklós fa tartószerkezetek nyírt, csap típusú kapcsolóelemeinek egyszerűsített méretezésére [3]. A szabvány által javasolt eljárás ez esetben is többféle tönkremeneteli módot vesz figyelembe, melyek közül a mértékadót kell kiválasztani a teherbírás meghatározásakor. Ez kézi számítás során nem, vagy csak igen sok munkával végezhető el, a szabvány által javasolt méretezési eljárás elsősorban számítógépes alkalmazás céljára készült. A legnagyobb különbség a homloklemezes kapcsolatokhoz képest az, hogy a csap típusú kapcsolatok esetén a különböző tönkremeneteli módokhoz tartozó ellenállások számítása közel azonos bonyolultságú. Emiatt a szakirodalomban fellelhető egyszerűsítési módszer nem tesz különbséget a tönkremeneteli módok között, az egyszerűsített eljárás során azok mind ellenőrzésre kerülnek.

II. A VIZSGÁLAT FELÉPÍTÉSE

Munkám során az Eurocode által javasolt méretezési eljárás [4] lépéseit vettem alapul, megvizsgálva a kapcsolat geometriai elrendezésének a teherbírásra gyakorolt hatását. Ennek megfelelően kerestem az optimális kialakításhoz tartozó értékeket, majd rendszereztem azokat.

2.1.A helyettesítő T-elem

Az Eurocode a csavarsorok által felvehető maximális húzóerőket ($F_{T,1,2,3,Rd}$) az *öv teljes folyása* illetve az *öv folyása és a csavarok együttes törése* esetén egy együttdolgozó lemezsáv segítségével állapítja meg. Ezt nevezzük helyettesítő T-elemnek, melynek effektív hossza (l_{eff}) elméleti alapon meghatározott, számított mennyiség.



4. ábra: A helyettesítő T-elem

A módszer segítségével meghatározott húzó ellenállások a különböző tönkremeneteli módok esetén a következők:

1. Az öv teljes folyása	$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$
2. Az öv folyása és a csavarok törése	$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\sum F_{t,Rd}}{m + n}$
3. A csavarok törése	$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd}$

Ahol:

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{\sum l_{eff,1} t^2 f_y}{4\gamma_{M0}}; \quad M_{pl,2,Rd} = \frac{\sum l_{eff,2} t^2 f_y}{4\gamma_{M0}}$$

A teljes ellenállást az együttdolgozó hossz ($l_{eff,1,2}$), a homloklemez vastagsága (t) és anyagminősége (f_y), a csavarok húzó ellenállása ($F_{t,Rd}$), illetve azok csavarsoron belüli helyzete (m, n) határozza meg.

A vizsgálatokat két anyagminőség-kombinációval végeztem el: S235 és 8.8 illetve S355 és 10.9 acél- és csavarminőséggel. Céлом a minimális homloklemez-vastagságok meghatározása volt az alkalmazott szelvények és csavarátmérők függvényében. Annak érdekében, hogy az eredmények egyaránt alkalmazhatóak legyenek a leggyakrabban használt IPE és HEA szelvények illetve az egyedileg tervezett szerkezetek esetén is, a homloklemez szélességét a szelvényével azonos méretűre vettem fel, tehát a választott profilt annak szélességével írtam le.

A homloklemez-es kapcsolat kialakításakor mindenhol azonos átmérőjű és szilárdságú, illetve soronként azonos számú (2 darab) csavarokat alkalmaztam, ezért a harmadik tönkremeneteli módhoz – csavartöréshez – minden húzott csavarsornál azonos ellenállás tartozik.

Az egyszerűsített eljárás során a kapcsolat nyírási ellenállását nem vizsgáltam, azon alapvetésből kiindulva, hogy a kapcsolatra ható nyíróerőt a nyomott övhöz közeli csavarsor továbbítja. Ez az egyszerűsített eljárás végrehajtása során is ellenőrizendő.

2.2.A törésképek

Az effektív hossz meghatározásakor a homloklemez lehetséges törésképeit vesszük figyelembe, melyek lehetnek: csavarcsoport körüli töréskép, különálló töréskép és kör alakú töréskép. Az együttdolgozó hossz meghatározására az Eurocode minden esetben a kapcsolat geometriai jellemzőiből levezetett összefüggéseket ad. A törésképekhez tartozó együttdolgozó hosszak számítását a csavarsorok helyzete is befolyásolja, amely lehet: öv feletti, övek közötti első, közbenső és utolsó csavarsor. [1]

A méretezési eljárás során az egyes csavarsorok mértékadó törésképeihez tartozó effektív együttdolgozó hosszakat kell összegezni.

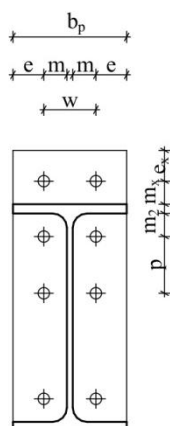
A méretezési eljárás egyszerűsítésére találhatunk példát Dr. Fernezelyi Sándor 2008-as cikkében, amely a Magész Acélszerkezetek c. folyóiratban jelent meg [5]. Ez a cikk maximum két csavarsor elhelyezésére ad megoldást, illetve a szerkezeti elrendezések a csavarsorok helyzete alapján kerültek megkülönböztetésre. Ez a megközelítés gazdaságos és jól optimalizálható egyszerűsítéshez vezet, hiszen minden esetben csak a valóban meghatározó törésképek vizsgálata történik meg. A módszer hátránya azonban, hogy nem nyújt általános megoldást az összes különböző csavarsor-elrendezés esetére.

Annak érdekében, hogy az egyszerűsített eljárás különböző számú csavarsort tartalmazó kapcsolatok esetén is alkalmazható legyen, az együttdolgozó hosszak összegzése helyett a mértékadó csavarsorhoz tartozó értéket vettem figyelembe minden csavarsornál. Az általam meghatározott geometriai elrendezések esetén minden csavarsorban a harmadik tönkremeneteli mód, a csavarok törése válik mértékadóvá.

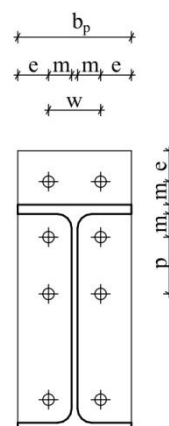
Munkám során arra törekedtem, hogy a mértékadó törésképhez tartozó értéket növeljem, illetve a különböző sorokhoz tartozó effektív együttdolgozó hosszak értéke közel azonos legyen. Ezzel a módszerrel minimalizálhatóak a szerkezetben maradó felesleges tartalékok.

Az effektív együttdolgozó hossz mértéke a homloklemez szélességétől és a csavarok helyzetétől függ. A meghatározására szolgáló képletekben az alábbi változók szerepelnek:

- b_p : a homloklemez szélessége
- w : a csavarok vízszintes tengelytávolsága
- e, e_x : a csavarok lemezszélektől mért távolsága
- m, m_x, m_2 : a csavarok megtámasztásoktól (öv, gerinc) mért távolsága
- p : a csavarsorok tengelytávolsága



5. ábra: A változók jelentése



6. ábra: Geometriai egyszerűsítések

A kapcsolat számításának egyszerűsítése érdekében $m=m_x=m_2$ valamint $e=e_x$ egyszerűsítéseket alkalmaztam. A két összefüggés bevezetésével az elhelyezhetőség érdekében a gerinctől és övtől mért távolságokat azonos mértékűre vettem, továbbá a gerenda övén kívüli helyettesítő T-elem viselkedését hasonlóvá tettem az övek közötti T-eleméhez.

A különböző törésképek esetén kialakuló effektív hossz a gerenda húzott övén kívüli nem kör alakú töréskép esetén a homloklemez szélességének felével egyezik meg ($l_{eff,nc}^{öv\ fölött}=b_p/2$). Mivel a különböző szelvényeket a lemezszélességgel írtam le, illetve ez az egyetlen olyan változó, amely nem függ a csavarok helyzetétől, ezért az esetek nagy részében ez a töréskép válik mértékadóvá.

Kedvező elrendezésekkel sem érhető el ennél nagyobb együttdolgozó hossz, azonban kedvezőtlen elrendezés esetén annak értéke lecsökkenhet, ezért érdemes a többi változót úgy felvenni, hogy ez a töréskép maradjon a mértékadó, azaz $l_{eff,min}:=b_p/2$. Ezen alapvetésből kiindulva foglalkoztam a kapcsolat többi geometriai tényezőjének hatásával.

2.3. A csavarsorok helyzetének meghatározása

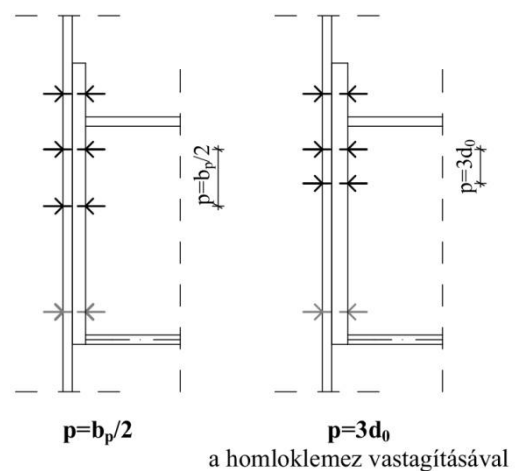
A csavarsorok távolsága, azaz p érték változtatásával befolyásolható a csavarsorok száma és azok erőkarja a nyomott öv tengelyéhez képest. Közbenső csavarsor nem kör alakú töréskép esetén az együttdolgozó hossz lehetséges értéke megegyezhet a csavarsorok távolságával ($l_{eff,nc}^{közbenső}=p$). Mivel munkám során a vizsgálat kiindulási értékének tekintettem a homloklemez szélességét, ezért nem érdemes p értékét $p=b_p/2$ -nél nagyobbra venni, hiszen abban az esetben $l_{eff,nc}^{öv\ fölött}=b_p/2$ és $l_{eff,nc}^{közbenső}=p$ kritériumok közül az előbbi marad a mértékadó. Tehát ezzel nem növeljük az effektív együttdolgozó hosszát, azonban a közbenső és utolsó csavarsorok erőkarját, és ezáltal a kapcsolat nyomatéki ellenállását csökkentjük.

Felmerült a kérdés, hogy p értékének csökkentésével - azaz több csavarsor nagyobb erőkarral történő alkalmazásával – növelhető-e a kapcsolat teherbírása? Ekkor az együttdolgozó hosszak (l_{eff}) csökkenése redukálja a helyettesítő T-elem húzó ellenállását, azonban a csavarsorok nyomott öv tengelyétől mért erőkarjai növekednek. Tehát p csökkentésével, egyaránt kiválthatunk kedvező és kedvezőtlen hatást is.

Az általam megvizsgált konkrét példák esetében [1. sz. Melléklet] p értékének - a palástnyomási ellenállás szerkesztési szabályának megfelelő $p=3d_0$ értékre - csökkentésével a kapcsolat nyomatéki ellenállása a szelvény teherbírásához képest nem változott számottevően. Azonban p , és ezáltal l_{eff} csökkentésével a T-elem ellenállása is lecsökkent a csavarok húzási ellenállásához képest. Ezért csak a homloklemez vastagításával lehetett elérni, hogy a három tönkremeneteli mód közül a csavarok törése legyen a mértékadó, a húzott csavarokban ne maradjanak felesleges tartalékok.

Tehát a példák vizsgálatakor nem érvényesült az elv, hogy a csavarok törését tegyük mértékadóvá minél optimálisabb elrendezés segítségével, gazdaságos szerkezeti vastagságok mellett.

Annak érdekében, hogy a csavarsorok távolsága ne redukálja az együttdolgozó hosszak, p értékét a lemezszélesség felére vettem fel ($p=b_p/2$).



7. ábra: Lehetséges függőleges csavartávolságok

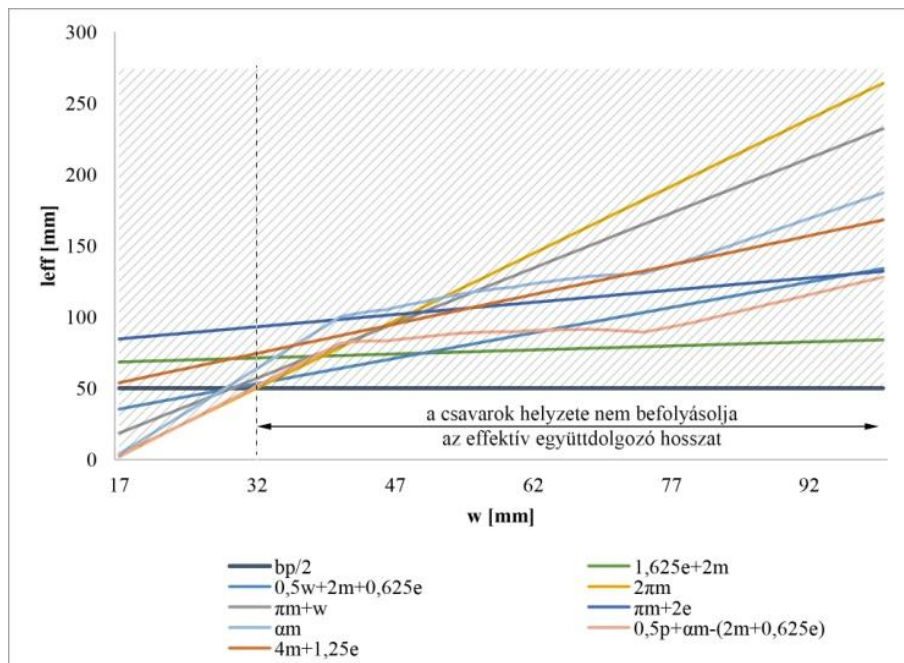
2.4. A csavarok csavarsoron belüli helyzete

Az egyszerűsítések bevezetése, és a nem mértékadó törésképek kiszűrése után az alábbi, Eurocode által javasolt összefüggéseket kellett megvizsgálnom:

- $1,625e + 2m \geq \frac{b_p}{2}$
- $0,5w + 2m + 0,625e \geq \frac{b_p}{2}$
- $2 \pi m \geq \frac{b_p}{2}$
- $\pi m + w \geq \frac{b_p}{2}$
- $\pi m + 2e \geq \frac{b_p}{2}$
- $am \geq \frac{b_p}{2}$
- $0,5p + am - (2m + 0,625e) \geq \frac{b_p}{2}$
- $4m + 1,25e \geq \frac{b_p}{2}$

A fenti összefüggések bemutatják a csavarok csavarsoron belüli helyzetének hatását a törésképekre. A csavarok vízszintes távolságának növelésével mindaddig növelhető az effektív együttdolgozó hossz, amíg annak értéke a lemezszélesség felét el nem éri, ennél nagyobb távolság esetén az $l_{eff,nc}^{\text{öv fölött}}=b_p/2$ összefüggés válik mértékadóvá, azaz az effektív együttdolgozó hossz a homloklemez szélességének felével egyezik meg.

Ezt az alábbi ábrán részletesen bemutatom: a grafikon az együttdolgozó szélesség (l_{eff}) mértékét ábrázolja a vízszintes csavartávolság (w) függvényében a különböző lehetséges törésképek figyelembevételével. A görbesereg és az $l_{eff}=b_p/2$ vízszintes egyenes metszéspontja az említett határ, amely feletti w érték esetén az már nincs hatással az effektív együttdolgozó hossz értékére.

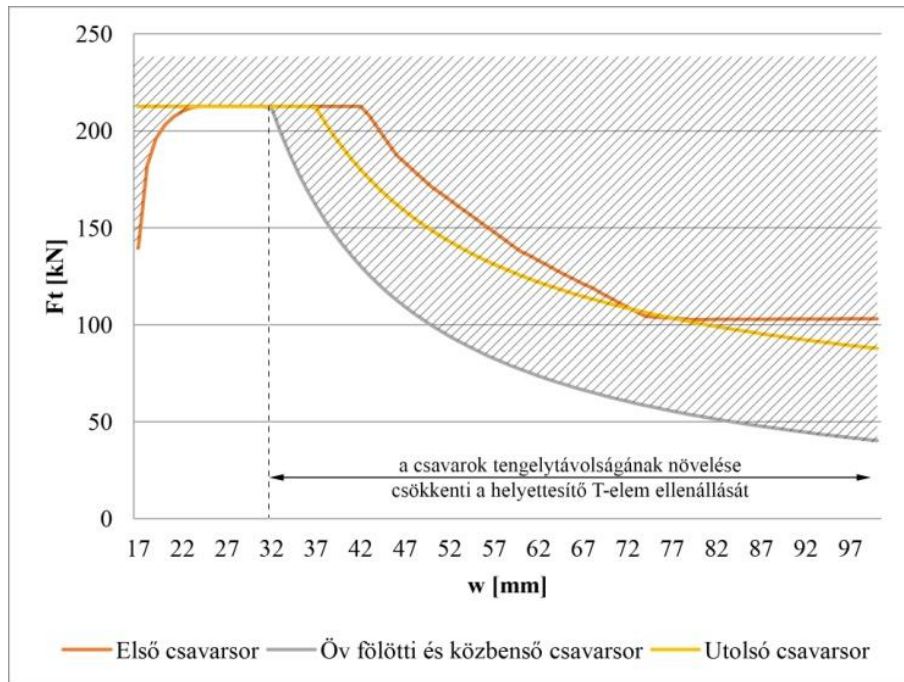


1. grafikon: Az effektív együttdolgozó hossz értéke a vízszintes csavartávolság függvényében ($b_p=100$ mm, S235, 8.8)

A méretezési eljárás alkalmazása során a csavarok vízszintes tengelytávolságának hatása a helyettesítő T-elem vizsgálatakor is megjelenik, mivel a csavarok megtámasztástól mért távolságát (m) – amely érték geometriai úton levezethető a csavarok tengelytávolságából (w) – is figyelembe kell venni. A két érték kapcsolatát a megtámasztás mértéke is befolyásolja, melyet az öv vagy gerinc, és a hegesztési varratok határoznak meg. A megtámasztó hatást a vizsgált szelvények alapján vettem fel, pontos értékeit a későbbiekben részletezem.

Az optimális elrendezést meghatározta a csavarok vízszintes tengelytávolságának kettős hatása, mivel w értékének növelése a törésképek vizsgálatakor növeli, vagy nem befolyásolja az együttdolgozó hossz értékét; azonban a helyettesítő T-elem ellenállásának meghatározásakor csökkenti az első két tönkremeneteli módhoz tartozó húzó ellenállást.

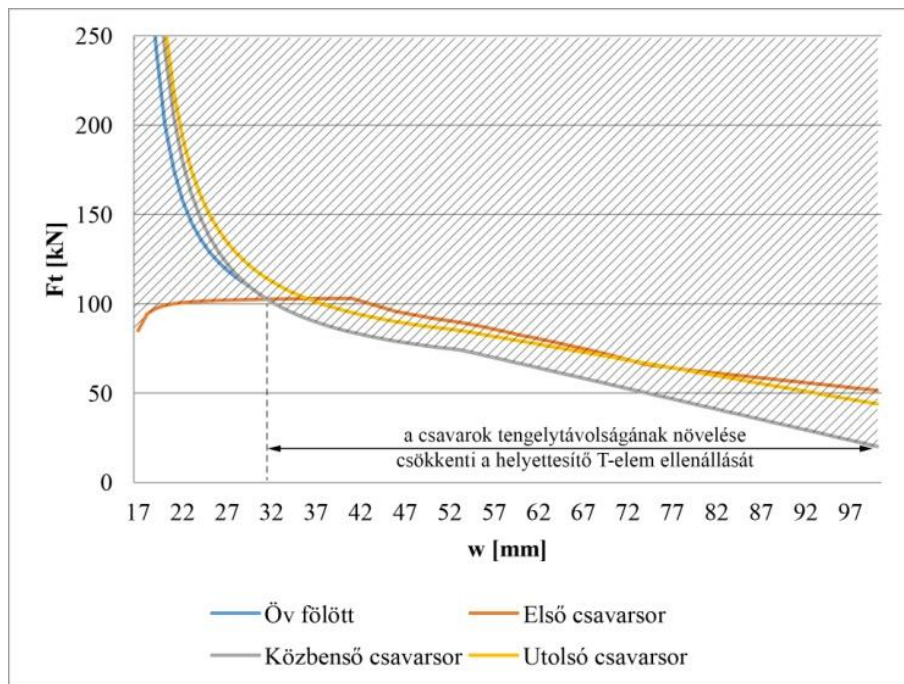
Az alábbi ábrákon bemutatom w értékének hatását a helyettesítő T-elem ellenállására, melyet próbaszámításokon keresztül vizsgáltam.



2. grafikon: A vízszintes csavartávolság hatása a helyettesítő T-elem ellenállására az 1. tönkremeneteli mód esetén ($b_p=100$ mm, S235, 8.8)

Az első tönkremeneteli módban (az öv folyása) a grafikon minden csavarsornál két szakaszra tagolódik, a töréspont w azon értékénél jelentkezik, amely alatt a mértékadó effektív hossz kisebb a lemezszélesség felénél. Ekkor a csavartávolság kettős hatása miatt a helyettesítő T-elem húzó ellenállása konstanssá válik. Megjegyzem, hogy ezek csupán elméleti értékek, mivel ezen a tartományon a csavarok jellemzően nem helyezhetőek el.

A töréspont utáni szakaszon az effektív együttdolgozó hossz konstans, értéke megegyezik a homloklemez szélességének felével. Ekkor w értékének növelése csökkenti a helyettesítő T-elem ellenállását.



3. grafikon: A vízszintes csavartávolság hatása a helyettesítő T-elem ellenállására a 2. tönkremeneteli mód esetén ($b_p=100$ mm, S235, 8.8)

A második tönkremeneteli mód (az öv folyása és a csavarok együttes törése) esetén a kapcsolat viselkedése összetettebb, teherbírása jellemzően alacsonyabb, mint az első tönkremeneteli módban. Emiatt a próbaszámításokat leíró görbék eltérnek az első tönkremeneteli módtól, azonban a mértékadó, öv fölötti csavarsor esetén a görbe jellege nem változik számottevően.

A vizsgálatok alapján az optimális elrendezés kialakításakor a csavarok vízszintes tengelytávolságának minimalizálására törekedtem – az elhelyezhetőség határain belül – mivel ezzel növelhetjük a helyettesítő T-elem ellenállását.

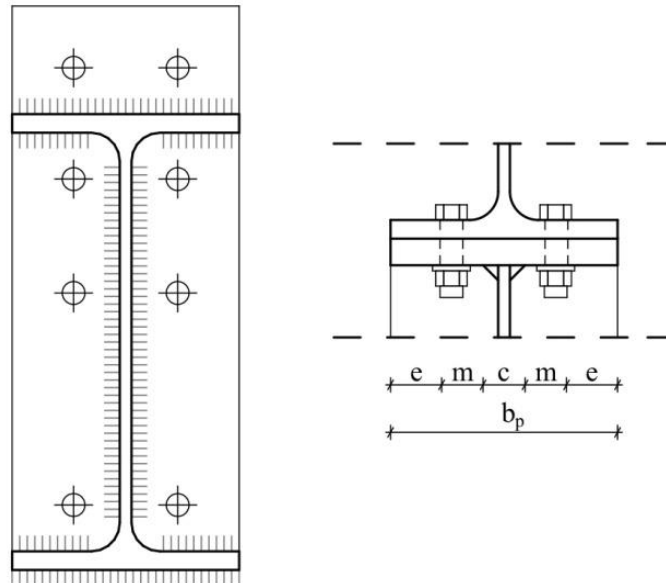
2.5.A gerinc megtámasztó hatása

Annak érdekében, hogy vizsgálataim az egyedi szelvényekre is alkalmazhatóak legyenek, foglalkoznom kellett a gerinc és a hegesztési varrat megtámasztó hatásával is. Ezt a hatást egy új változó, c érték bevezetésével írtam le, melyet a szelvény gerincének és a kétoldali varrat szélességének összegeként definiáltam. Ez az érték teremt geometriai kapcsolatot a csavarok vízszintes tengelytávolsága (w) és azoknak a megtámasztásoktól mért távolsága (m) között.

A csavarok megtámasztástól mért távolságának (m) kettős szerepe miatt nem hanyagolható el a megtámasztó hatás mértékének különbözősége az egyes szelvényeknél. Emiatt egy

tartományt definiáltam a gerincvastagság és a kétoldali varrat gyökméretének várható összegeként.

A tartomány minimum és maximum értékeit is a járatos szelvények összevetésével határoztam meg, olyan feltételként, melyet várhatóan minden szerkezet teljesít. Ennek érdekében a különböző szelvények esetén alkalmazható varrat gyökméreteket vizsgáltam meg [2. sz. Melléklet]. A hegesztést az alábbi ábrának megfelelő elrendezéssel feltételeztem, a nyírást a gerinc, a nyomatókot pedig az öv varrataival vettem fel.



8. ábra: Hegesztési varrat kialakítása

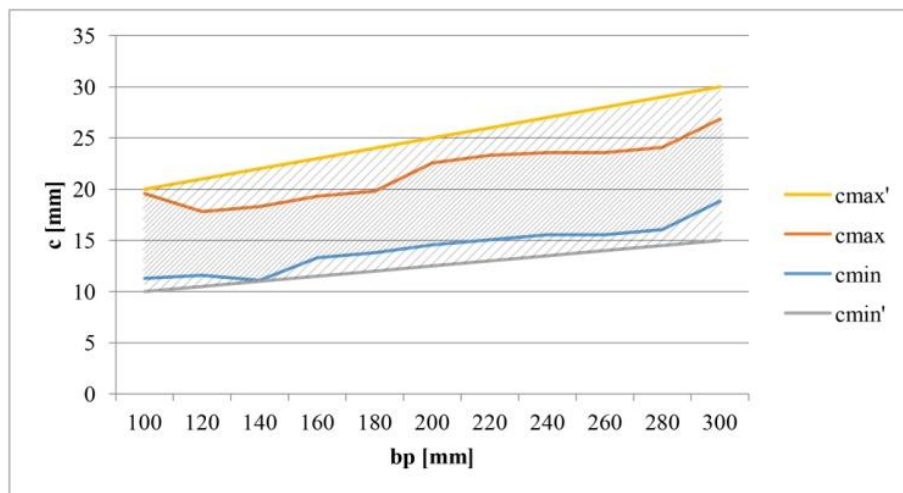
A megtámasztó hatás meghatározásakor első lépésben olyan varrat gyökméreteket vettem figyelembe, amelyek nem haladják meg a kapcsolt lemez (az öv vagy a gerinc) vastagságát. Az e feltételt teljesítő varratokkal a szelvény nyomatóki és nyírási ellenállásának egyaránt minimum 80 %-a (S235 anyagminőség esetén) illetve 70 %-a (S355) érhető el. A továbbiakban ezt a kihasználtságot vettem alapul, mivel általában a szerkezeti elem stabilitással szembeni ellenállása miatt a keresztmetszet kihasználtsága ritkán nagyobb ezeknél az értékeknél.

A továbbiakban a kapcsolatra ható igénybevételeket ennek megfelelően a szelvény ellenállásának 80 illetve 70 %-ára vettem fel, majd megkerestem azokat a varratméreteket, amelyek esetén a hegesztés teherbírása meghaladja a csökkentett igénybevételeket. Az így meghatározott varrat gyökméreteket alkalmazásával a kapcsolat csak kismértékben gyengébb a keresztmetszetenél.

Az azonos homloklemez szélességekhez tartozó különböző szelvények összevetésével határoztam meg c tényező minimális és maximális értékeit. A vizsgált szelvényeknél kapott

eredményeket alapul véve (c_{\min} , c_{\max}) adtam meg egy olyan befoglaló tartományt (c_{\min}' , c_{\max}'), amely várhatóan az egyedi szelvényeket is magába foglalja.

Mivel a vizsgálatot legnagyobb mértékben a szelvény geometriai jellemzői befolyásolták, ezért a befoglaló tartomány mindkét anyagminőség esetén azonos.



4. grafikon: c várható értéktartománya (S235)

A további vizsgálatok során az egyes lemezszélességekhez tartozó w értékekből indultam ki, majd ehhez rendeltem m értékeit c alapján. A minimális megtámasztó hatást vettem figyelembe a helyettesítő T-elem ellenállásának meghatározásakor, mivel a biztonság javára történő közelítésként ez eredményezi a maximális m -et. A törésképek vizsgálatakor pedig nagyobb megtámasztást feltételeztem, ezáltal a minimális effektív hossz méretét lecsökkentettem. Tehát a tartomány szélső értékeit a kedvezőtlenebb helyzetekben használtam, ezért feltételezésem a biztonság javára közelítve küszöbölte ki az egyes szelvényméretek és konkrét csomóponti kialakítások bizonytalanságát.

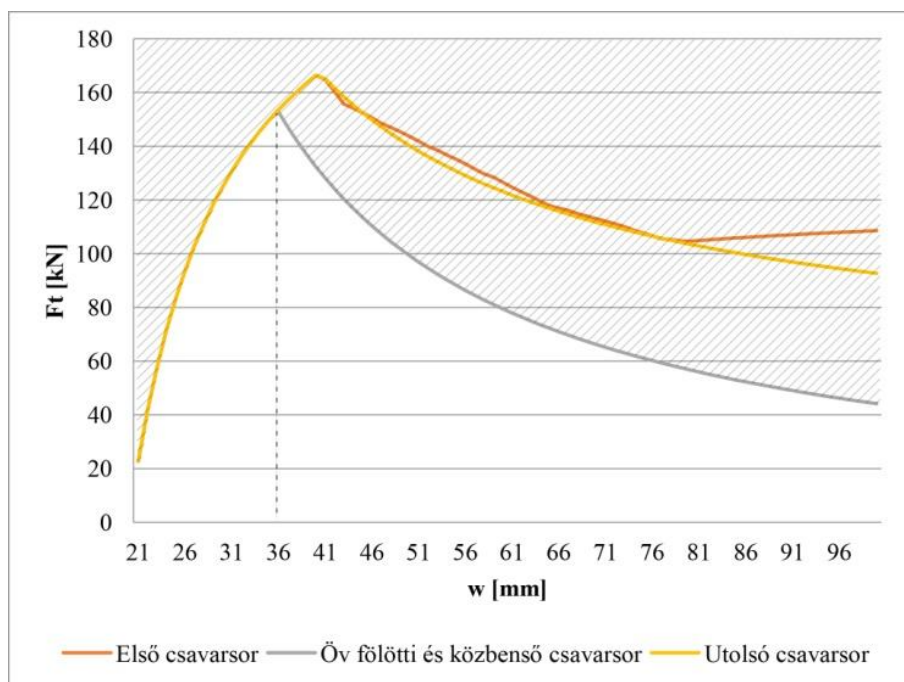
Az általam ismertetett eljárás ezért csak abban az esetben alkalmazható, ha a vizsgált szelvény esetében a gerinc megtámasztó hatását kifejező c tényező értéke a meghatározott tartományokon belül van.

2.6. A csavarok vízszintes tengelytávolsága

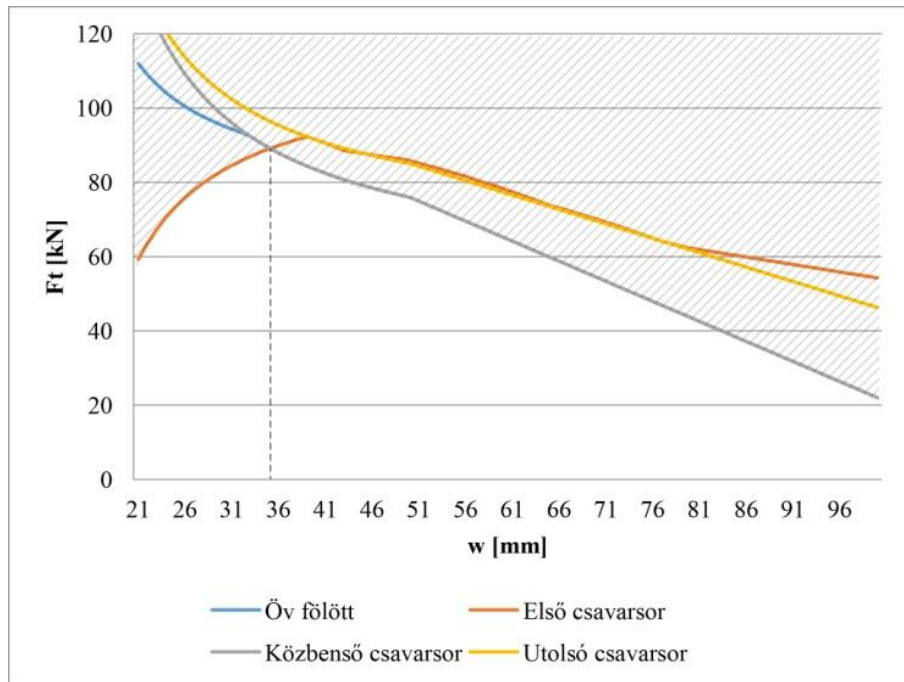
Az előzőekben leírt biztonság javára történő közelítés bevezetésével a vízszintes csavartávolság helyettesítő T-elemre kifejtett hatását is megváltoztattam. A különböző megtámasztó hatás méretek bevezetésével egy vizsgálaton belül két különböző m értéket vettem figyelembe.

Ennek következtében a korábban grafikusán ábrázolt függvények jellege megváltozott: eltűntek a konstans szakaszok, valamint korábban nem mértékadó törésképek is meghatározóvá váltak. Ennek oka, hogy a konstans szakaszok azokhoz a w értékekhez tartoztak, melyek esetén a mértékadó effektív együttdolgozó hossz nem érte el a lemezszélesség felét. Ekkor a törésképeket és a helyettesítő T-elem ellenállását leíró összefüggésekben m érték egyaránt szerepelt, előbbinél az ellenállással egyenesen, utóbbinál fordítottan arányos tényezőként. A kettős hatás – a két számításnál azonos m értéket alkalmazva – konstans szakaszt eredményezett. Az általam bevezetett közelítéssel azonban w növelésével a két figyelembe vett m érték nem azonos mértékben növekszik, ez okozza a konstans szakasz eltűnését.

További változás a függvények jellegében, hogy azok összetettebbé, több töréspontot tartalmazóvá váltak. Ezt az okozza, hogy a biztonság javára közelítő maximális c értékek bevezetésével korábban nem mértékadó törésképek is meghatározóvá váltak.



5. grafikon: A vízszintes csavartávolság hatása a helyettesítő T-elem ellenállására az 1. tönkremeneteli mód esetén ($b_p=100$ mm, S235, 8.8)



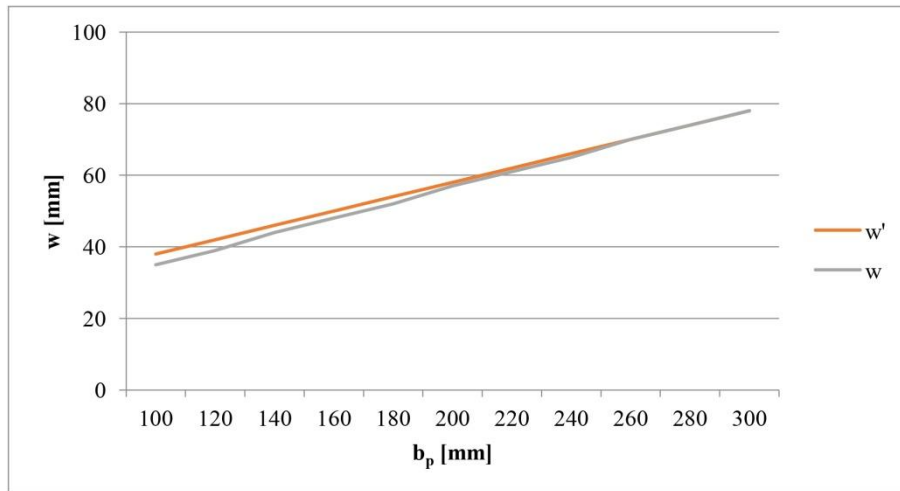
6. grafikon: A vízszintes csavartávolság hatása a helyettesítő T-elem ellenállására a 2. tönkremeneteli mód esetén ($b_p=100$ mm, S235, 8.8)

A fenti grafikonok egyértelműen megmutatják azt az optimális w értéket, melyhez a helyettesítő T-elem maximális ellenállása tartozik. Ez az érték a törésképek összefüggéseiből levezethető, melyet az övek közötti első, és a húzott övön kívüli csavarsor nem kör alakú törésképeinek metszéspontja határoz meg.

Ekkor az együttdolgozó effektív hossz nagysága:

- $0,5p+am-(2m+0,625e)=b_p/2$

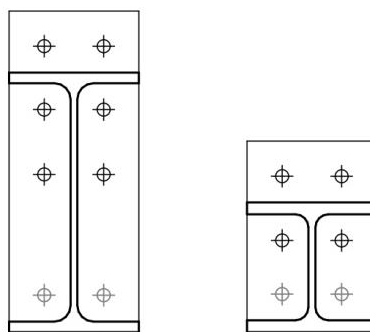
A továbbiakban a különböző homloklemez szélességekhez tartozó c_{max} értékek figyelembevételével kerestem meg a fenti feltételt kielégítő w értékeket. A megvizsgált szelvények különbözőségéből, valamint w egész milliméterre kerekítéséből származó egyenetlenségek miatt bevezettem egy felülről közelítő, lineárisan növekvő értéksort is (w'). A továbbiakban ezen értékek betartását ajánlom az egyes homloklemez szélességek esetén.



7. grafikon: A vízszintes csavartávolság töréseképekből származó optimális értékei a különböző lemezszélességek esetén

A továbbiakban a csavarok elhelyezhetőségét figyelembe véve vizsgáltam meg a különböző homloklemez szélességekhez tartozó optimális w értékek alkalmazhatóságát [3. sz. Melléklet].

Közelítő számításokkal meghatároztam az egyes szelvényekhez tartozó ajánlott csavarátmérőket, melyek alkalmazásával, a kapcsolat teherbírása eléri a vizsgált keresztmetszet nyomatéki ellenállásának 70 illetve 80 %-át. A vizsgálat során az övek fölött minden esetben egy húzott csavarsort feltételeztem. Az övek között IPE, IPEA, IPEAA szelvényeknél két húzott csavarsort, HEA, HEAA és HEB szelvények esetén egy húzott csavarsort vettem figyelembe.

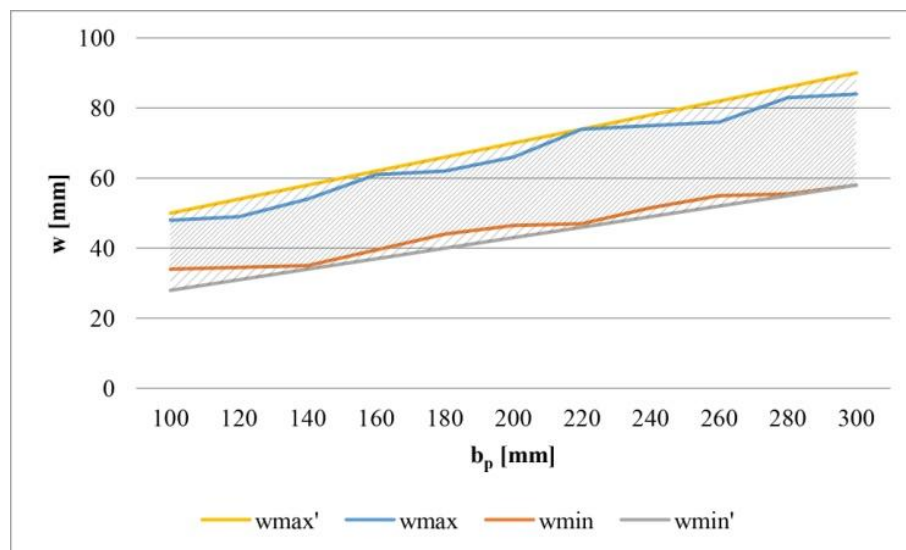


9. ábra: A csavarsorok száma IPE és HEB arányú szelvényeknél

Az egyes szelvényekhez tartozó csavarok alátét átmérői, gerincszélességek és a hegesztési varrat gyökméretük meghatározták a minimális, elhelyezhetőség szempontjából szükséges w értékeket. A vizsgálat során kapott értékek egy-egy homloklemez szélességhez tartozó

minimum és maximumértékei – az IPE és HEA szelvények arányának különbözősége miatt - lehatárolják azt a tartományt, amely az egyedi szelvényekben elhelyezhető csavarok vízszintes tengelytávolságát is tartalmazza.

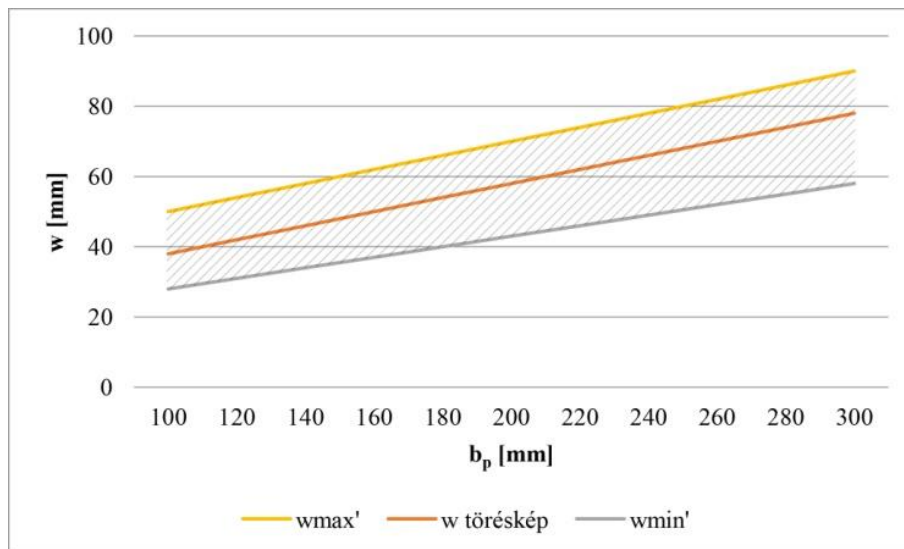
Az alábbi ábrán az adott homloklemez szélességeihez tartozó, így meghatározott tengelytávolságok minimum (w_{min}) és maximumértékeit (w_{max}) ábrázolom. Az eredményeket a vizsgált szelvények korlátozottsága, és a kapott eredmények egyenetlensége miatt korrigáltam. Felvettem két, lineáris görbét (w_{min}' és w_{max}'), melyek a minimum és maximumértékek által meghatározott tartományt fogják közre. Ezáltal a tartomány kibővül az egyedi szelvények alkalmazásakor várható értékekre is, mely a konkrét példák túlnyomó részét lefedi.



8. grafikon: A vízszintes csavartávolság elhelyezhetőség alapján várható értékei a lemezszélesség függvényében (S235, 8.8)

Megjegyzem, hogy a valóságban a kapcsolatok ellenállása nem nagyobb, mint a szelvény ellenállásának 70-80 %-a, tehát az általam feltételezetteknél kisebb hegesztési varrat és csavarátmérők szükségesek. Ezért a vizsgált szelvényektől nagymértékben eltérő arányú, egyedi szelvényeknél sem valószínű, hogy az elhelyezhetőség érdekében szükséges vízszintes tengelytávolság az általam megengedett tartományon kívül esik.

A törésképek által meghatározott optimális w értékeket az elhelyezhetőség szempontjából szükséges tartománnyal összevetve azt tapasztaltam, hogy az optimum mindig a tartományon belül helyezkedik el.



9. grafikon: A vízszintes csavartávolság optimális értékeinek összehasonlítása az elhelyezhetőség alapján várható értékekkel (S235, 8.8)

A fenti grafikon alapján az optimális vízszintes tengelytávolságoknál a csavarok már az esetek nagy részében elhelyezhetőek, azonban azokat a szükségesnél nem húzzuk szét jobban, hiszen az a homloklemez vastagításával járna.

III. AZ ÉRTÉKEK RENDSZEREZÉSE

A csavarkép geometriájának meghatározása után hozzárendeltem a különböző homloklemez szélességek és csavarátmérők kombinációihoz azokat a homloklemez vastagságokat, melyek alkalmazásával a kapcsolat tönkremenetelét a csavarok törése okozza.

A kapott eredményeket két táblázatban foglaltam össze, melyek az S235-8.8 és S355-10.9 anyagminőség kombinációk esetén alkalmazhatóak.

A táblázatok a homloklemez szélesség és az alkalmazott csavarátmérő függvényében tartalmazzák a javasolt geometriát és homloklemez vastagságot. Előbbit két jellemzővel, a csavarok vízszintes tengelytávolságával (w) és a gerinc megtámasztó hatásával (c érték tartománya) írtam le. A méretezés további egyszerűsítésének érdekében a táblázat tartalmazza a csavarok húzási ellenállását ($F_{tb,Rd}$) is. Az általam javasolt homloklemez vastagságok alkalmazásával a helyettesítő T-elem ellenállása mindhárom tönkremeneteli mód esetén eléri ezen értékek összegét a csavarsoron belül.

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]									
				12	14	16	18	20	22	24	27	30	
				F _{tb,Rd} [kN]									
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	
100	50	10	20	16	18	21	23	26	29	32	36	40	
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31	35	38	
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	38	
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	37	
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36	
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	26	29	32	36	
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36	
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35	
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35	

1. táblázat: Javasolt lemezvastagságok S235 és 8.8 anyagminőségek esetén

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]									
				12	14	16	18	20	22	24	27	30	
				F _{tb,Rd} [kN]									
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	
100	50	10	20	14	17	19	21	24	27	29	33	36	
120	55	10,5	21	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
140	60	11	22	14	16	18	20	23	25	27	31	34	
160	65	11,5	23	13	15	18	20	22	25	27	30	34	
180	70	12	24	13	15	18	20	22	24	26	30	33	
200	75	12,5	25	13	15	18	19	22	24	26	30	33	
220	80	13	26	13	15	17	19	22	24	26	29	32	
240	85	13,5	27	13	15	17	19	21	24	26	29	32	
260	90	14	28	13	15	17	19	21	24	25	29	32	
280	95	14,5	29	13	15	17	19	21	23	25	29	32	
300	100	15	30	12	15	17	19	21	23	25	28	31	

2. táblázat: Javasolt lemezvastagságok S355 és 10.9 anyagminőségek esetén

A végleges geometria ismeretében meghatároztam az egyes szelvényekhez tartozó ajánlott csavarátmérőket is, melyek alkalmazásával a kapcsolat nyomatéki ellenállása eléri a vizsgált keresztmetszet nyomatéki ellenállásának 70 illetve 80 %-át, illetve közel azonos a hegesztési varratok által felvehető nyomatékkal. A 9. ábra szerinti csavarelrendezés esetén ezen átmérők jól konstruált kapcsolatot eredményeznek, mivel a szerkezetben nem alakulnak ki felesleges tartalékok. Ezeket a homloklemez szélesség és csavarátmérő kombinációkat a fenti táblázatokban szürke színnel jelöltem.

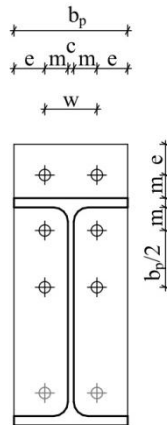
IV. AZ EGYSZERŰSÍTETT ELJÁRÁS

Az általam javasolt geometriai elrendezések és homloklemez vastagságok betartásával a kapcsolat tönkremenetelekor mindig a csavarok törése a mértékadó. Ekkor a helyettesítő T-elem ellenállását a csavarok húzási ellenállása határozza meg. Ezért elvégezhető az egyszerűsített méretezési eljárás.

4.1. A számítás menete

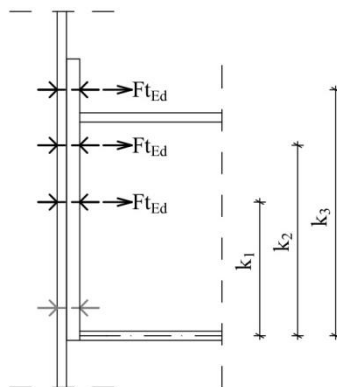
A továbbiakban bemutatom az egyszerűsített eljárás használatát [4. sz. Melléklet].

Ennek során első lépésként a táblázat alapján meghatározható a kapcsolat pontos geometriája. A lemezszélesség (b_p) – mely a szelvény szélességével azonos - meghatározza a csavarok csavarsoron belüli távolságát (w). Az általam ajánlott értékek akkor alkalmazhatóak, ha a gerinc megtámasztó hatásának értéke (c) megadott tartományon belül helyezkedik el.



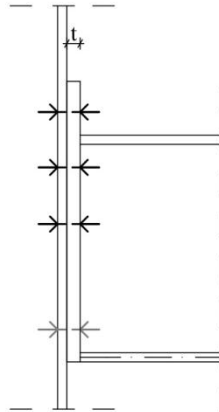
10. ábra: A kapcsolat geometriája

Második lépésként felírható egy nyomatéki egyenlet a nyomott öv tengelyére. Ekkor a kapcsolatra ható nyomatékból a csavarsorok erőkarjának segítségével meghatározható az egyes csavarokra jutó erő.



11. ábra: Az erőkarok meghatározása

Harmadik lépésként a szükséges húzási ellenállás ismeretében kikereshető a táblázatból a megfelelő csavarátmérő, és az ahhoz tartozó homloklemez vastagság.

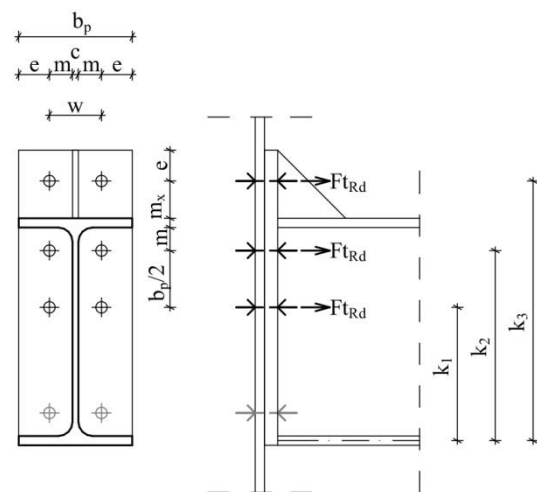


12. ábra: A szükséges homloklemez-vastagság

Megjegyzem, hogy az egyszerűsített eljárás csak a húzott csavarok és a hajlított homloklemez ellenőrzését tartalmazza. A kapcsolat teherbírásának számításakor ezen felül a többi komponens ellenállása is meghatározandó! Azonban ezek az ellenőrzések lényegesen egyszerűbbek a helyettesítő T-elem ellenállásának meghatározásánál.

4.2. A méretek korrigálása

A kapcsolat tervezésekor lehetőségünk van a szükséges csavarátmérőt kismértékben csökkenteni, amennyiben a szükségesnél egy mérettel kisebb csavar ellenállása éppen nem éri el a kívánt mértéket [5. sz. Melléklet]. Ekkor a helyettesítő T-elem ellenállásának ismeretében a nyomatéki egyenletből a szükséges csavarsor távolságok összegét kapjuk meg, melyet az öv fölötti csavarsor övtől mért távolságának növelésével érhetünk el. Ekkor, annak érdekében, hogy az öv feletti helyettesítő T-elem viselkedése az övek közöttivel azonos maradjon, diafragmát szükséges elhelyezni a túlnyújtott homloklemez és a szelvény öve között.



13. ábra: Az övön kívüli csavarsor erőkarjának növelése

V. TERVEZŐI SZABADSÁG LEHETŐSÉGE

Annak érdekében, hogy a javasolt eljárás a gyakorlatban előforduló kapcsolatokra széleskörűen alkalmazható legyen, bevezettem további lehetőségeket, egyrészt a csavarok csavarsoron belüli helyzetének megváltoztatására, másrészt a kapcsolat rideg tönkremenetelének elkerülésére.

5.1. Tervezői szabadság a geometriában

Az eljárás alkalmazása során lehetőség van a csavarok vízszintes tengelytávolságának (w) növelésére és csökkentésére, a korábban említett várható tartományon belül. Ezzel a kapcsolat elrendezése eltér az optimálistól, ezért a homloklemez vastagítására van szükség [6. sz. Melléklet].

Munkám során elvégeztem a számításokat w_{max} értékek esetén is, ez a csavartávolság 12 mm-es növelését jelenti mindkét anyagminőség-kombináció esetén; majd megvizsgáltam, hogy ez milyen mértékű homloklemez-vastagítást jelent. A táblázatban a szükséges vastagítások értékét (Δt) a cellák színezésével jelöltem.

Továbbá megvizsgáltam w érték csökkentésének hatását is a homloklemez vastagítás mértékére, ügyelve rá, hogy az egyszerűsített eljárás a tervezői szabadság lehetősége mellett is könnyen kezelhető maradjon. Ennek érdekében a 12 mm-rel megnövelt tengelytávolságokhoz tartozó homloklemez vastagításokat vettem alapul. Ezeket a vastagságokat megtartva, w érték maximum 10 mm-es csökkentésével érhetjük el, hogy továbbra is a csavarok törése legyen a mértékadó.

Ezáltal az egyszerűsített eljárás során w ajánlott értékének maximum 12 mm-rel való növelése, illetve 10 mm-rel való csökkentése esetén is a színezésnek megfelelően kell a homloklemez vastagítani a táblázatban szereplő értékhez képest.

Továbbá w_{max} értékeiből, azaz a 12 mm-rel növelt csavartávolságokból, illetve c_{min} értékekből kiindulva megvizsgáltam, hogy az adott lemezszélességek esetén mekkora maximális átmérőjű csavarok helyezhetőek el. Ez azt jelenti, hogy a csavaralátét és a hegesztési varratok között 2 mm marad – a legnagyobb vízszintes tengelytávolságok, és a legkisebb gerinc megtámasztó hatás feltételezésével.

Ennek megfelelően a táblázatokban üresen hagytam azokat a lemezszélesség és csavarátmérő kombinációkat, amelyek esetén a csavarok nem helyezhetőek el az adott szelvényben.

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]									
				12	14	16	18	20	22	24	27	30	
				F _{tb,Rd} [kN]									
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	
100	50	10	20	16	19	21	23	26					
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31			
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34		
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33		
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36	
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	27	29	32	36	
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36	
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35	
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35	

Színmagyarázat Δt= 1 mm 2 mm 3 mm 4 mm 5 mm

3. táblázat: Szükséges lemezvastagítások S235 és 8.8 anyagminőségek esetén

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]									
				12	14	16	18	20	22	24	27	30	
				F _{tb,Rd} [kN]									
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	
100	50	10	20	14	17	19	21	24					
120	55	10,5	21	14	16	19	21	23	26	28			
140	60	11	22	14	16	18	20	23	25	27	31		
160	65	11,5	23	13	16	18	20	23	25	27	30		
180	70	12	24	13	15	18	20	22	25	26	30	33	
200	75	12,5	25	13	15	18	19	22	24	26	30	33	
220	80	13	26	13	15	17	19	22	24	26	30	32	
240	85	13,5	27	13	15	17	19	21	24	26	29	32	
260	90	14	28	13	15	17	19	21	24	25	29	32	
280	95	14,5	29	13	15	17	19	21	23	25	29	32	
300	100	15	30	13	15	17	19	21	23	25	28	31	

Színmagyarázat Δt= 1 mm 2 mm 3 mm 4 mm 5 mm

4. táblázat: Szükséges lemezvastagítások S355 és 10.9 anyagminőségek esetén

5.2. Képlékeny tönkremenetel

A javasolt egyszerűsített eljárás alkalmazásával a kapcsolat a csavarok törésével megy tönkre, amely rideg viselkedést eredményez dinamikus vagy fárasztó terhelés esetén. Tekintettel arra, hogy bizonyos helyzetekben a rideg viselkedés kerülendő, lehetővé tettem a képlékeny tönkremenetel elérését is [7. sz. Melléklet].

Munkám során célom volt a homloklemez vastagságok minimalizálása, annak érdekében, hogy a szerkezetben ne maradjanak felesleges tartalékok. Ez azt jelenti, hogy a helyettesítő T- elem ellenállása közel azonos a csavarsorok húzási ellenállásával: $F_{t,2,Rd} \approx F_{t,3,Rd}$. Emiatt, ha az általam javasolt eljárás végrehajtásával meghatározzuk a szükséges csavarátmérőt és homloklemez vastagságot, majd utóbbi megtartása mellett egy mérettel növeljük a csavarok átmérőjét, akkor a méretezés során feltételezett teherbírást a csavarok rideg törése helyett a homloklemez képlékeny tönkremenetele adja.

VI. ÖSSZEGZÉS

Munkám során a homloklemez-es kapcsolatok összetett és nehezen átlátható méretezésére tettem egyszerűsítési javaslatot. Első lépésként a geometriai tényezőknek a kapcsolat viselkedésére kifejtett hatását vizsgáltam meg. Gyakran alkalmazott és egyedi szelvények esetén egyaránt használható geometriai elrendezéseket javasoltam, melyekkel a kapcsolat geometriájának konstruálása jelentősen egyszerűsödik, ezzel az Eurocode által javasolt eljárás legbizonytalanabb lépéséhez nyújtottam segítséget.

Ezeket az elrendezéseket alkalmazva különböző csavarátmérők esetén meghatároztam a szükséges homloklemez vastagságokat, melyek alkalmazásával a csavarok tönkremenetele várható. A méretezési eljárás további lépései ezzel nagyban lerövidülnek, és átláthatóvá válnak, mivel elegendő a kapcsolatra ható nyomtérk függvényében meghatározni a kívánt csavarátmérőt, majd a táblázat alapján az ahhoz tartozó homloklemez vastagságot alkalmazni. Továbbá figyelembe vettem a tervezői szabadság lehetőségét. Ezt az övön kívüli csavarsor, illetve a csavarok csavarsoron belüli helyzetének változtatásával érhetjük el. Az egyszerűsített eljárásban lehetővé tettem a méretezés végrehajtásával a kapcsolat képlékeny tönkremenetelének elérését is a csavarok rideg törése helyett.

A szakirodalomban találtam példát a homloklemez-es kapcsolatok [1] [5], illetve más szerkezet-típus (fa tartószerkezetek csap típusú kapcsolatai) méretezésének egyszerűsítésére [3] is. Az általam javasolt eljárás előbbtől egyszerűségében, és teljes körű alkalmazhatóságában különbözik; utóbbival szemben pedig a kapcsolat teherbírását egyetlen tönkremeneteli mód bekövetkezésére élezi ki. Ezek a különbségek lehetővé teszik a javasolt egyszerűsítési eljárás általános alkalmazhatóságát.

VII. FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁSOK

A dolgozat a 2015. évi Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak egyszerűsített méretezése c. TDK dolgozat (Kristóf Imola, Novák Zsanett) folytatása, továbbgondolása.

7.1. Források

- [1] Ádány S., Dulácska E., Dunai L., Fernezelyi S., Horváth L.: Acélszerkezetek II/10-20 o.
- [2] Fernezelyi Sándor: Acélszerkezetek tervezése építészeknek 77-80 o.
- [3] Armuth Miklós, Bodnár Miklós: Fa tartószerkezetek 29-36. o
- [4] Eurocode 3: Design of steel structures 291-309 o.
- [5] Fernezelyi Sándor: Csavarozott kapcsolatok tervezése az Eurocode 3 alapján – Egyszerűsített módszerrel I-II, Acélszerkezetek 2008/I-II. szám
- [6] MSZ-EN 1993-1-8, Acélszerkezetek tervezése: Kapcsolatok
- [7] Acélszerkezeti csomópontok méretezése az EC3 szerint (2016.10.25.)
ftp://witch.pmmf.hu:2001/Tanszeki_anyagok/Szilardsagtan%20es%20Tartoszerkezetek%20Tanszek/Fulop_Attila/Acelszerkezetek/Gyakorlati%20segedlet/ec3_agyu_kieg_homloklemez-es_kapcsolat.pdf



**Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak
egyszerűsített méretezése**
1. sz. Melléklet
**A csavarsorok távolságának hatása a kapcsolat ellenállására
és a homloklemez vastagságára**

TDK konferencia
Építészmérnöki kar
2016

Szerző: **Kristóf Imola**
Konzulens: **Dr. Hegyi Dezső**, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Az alábbi táblázatokban és grafikonokon bemutatom p érték $p=b_p/2$ -ről $p=3d_0$ -ra való csökkentésének hatását a kapcsolat teherbírására, és a homloklemez vastagságára, mindkét anyagminőség-kombináció esetén.

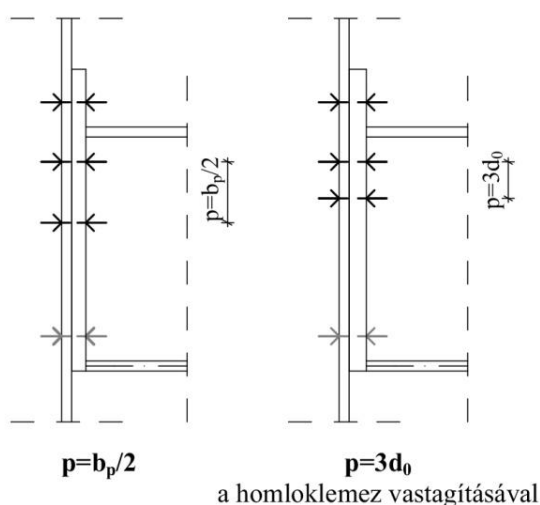
	$\Delta M_{Rd, \text{kapcsolat}} [\%]$	$\Delta t [\%]$
IPE 200	102,73	112,5
IPEA 200	102,75	112,5
IPEAA 200	102,75	112,5
IPE 240	102,92	116,67
IPEA 240	103,92	133,33
IPEAA 240	103,92	133,33
IPEA 330	103,75	125
IPE 330	103,73	125
IPE A 400	103,44	133,33
IPE 400	102,86	120,83
IPEA 500	103,02	129,16
IPE 500	102,56	123,07
IPEA 600	102,37	125
IPE 600	101,81	115,62

A vízszintes csavartávolság csökkentésének hatása (S235, 8.8)

	$\Delta M_{Rd, \text{kapcsolat}} [\%]$	$\Delta t [\%]$
IPE 200	102,73	121,43
IPEA 200	102,75	121,43
IPEAA 200	102,75	121,43
IPE 240	102,92	118,75
IPEA 240	102,94	118,75
IPEAA 240	103,92	128,57
IPEA 330	103,75	127,8
IPE 330	103,03	120
IPE A 400	103,44	125
IPE 400	102,86	122,73
IPEA 500	102,57	125
IPE 500	102,56	125
IPEA 600	102,37	123,08
IPE 600	101,81	117,24

A vízszintes csavartávolság csökkentésének hatása (S355, 10.9)

Láthatjuk, hogy a csavartávolság csökkentésével, ezáltal a csavarsorok erőkarjának növelésével a kapcsolat teherbírásának kismértékű (1-3 %-os) növelését érhetjük el. Ezzel szemben a homloklemez vastagságát az effektív együttműködő hossz csökkenése miatt 15-35 %-kal növekszik meg, tehát nem érvényesül az elv, hogy a csavarok törését tegyük mértékadóvá, minél gazdaságosabb szerkezeti elrendezések mellett.



A lehetséges csavarsortávolságok



Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak egyszerűsített méretezése

2. sz. Melléklet

A szükséges homloklemez varrat gyökméreték meghatározása

TDK konferencia
Építészmérnöki kar
2016

Szerző: **Kristóf Imola**
Konzulens: **Dr. Hegyi Dezső**, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Az alábbi táblázatban bemutatom az S235 anyagminőségű, leggyakrabban használt IPE és HEA szelvényekhez tartozó gerendaöv varrat gyökméreteket, melyek nem haladják meg a kapcsolt lemez vastagságát, és alkalmazásukkal a kapcsolat nyomatéki ellenállása eléri a szelvény teherbírásának 80 %-át.

	B [mm]	t _w [mm]	H [mm]	t _f [mm]	a [mm]	M _{Ed, kapcsolat} [kNm]	M _{Rd, szelvény} [kNm]
IPE 200	100	5,6	200	8,5	7	41,55	51,94
IPEA 200	100	4,5	197	7	6	34,22	42,77
IPEAA 200	100	4,5	196,4	6,7	5	33,09	41,36
HE 100 AA	100	4,2	91	5,5	4	10,97	13,71
HE 100 A	100	5	96	8	6	15,61	19,51
HE 100 B	100	6	100	10	7	19,59	24,49
IPE 240	120	6,2	240	9,8	8	69,00	86,25
IPEA 240	120	5,2	237	8,3	7	58,66	73,32
IPEAA 240	120	4,8	236,4	8	6	56,02	70,03
HE 120 AA	120	4,2	100	5,5	4	15,81	19,77
HE 120 A	120	5	114	8	5	22,47	28,08
HE 120 B	120	6,5	120	11	7	31,06	38,82
HE 140 AA	140	4,3	128	6	4	23,27	29,09
HE 140 A	140	5,5	133	8,5	5	32,62	40,77
HE 140 B	140	7	140	12	8	46,14	57,67
IPEA 330	160	6,5	327	10	8	131,98	164,97
IPE 330	160	7,5	330	11,5	9	151,15	188,94
HE 160 AA	160	4,5	148	7	4	35,80	44,74
HE 160 A	160	6	152	9	6	46,08	57,60
HE 160 B	160	8	160	13	8	66,55	83,19
IPE A 400	180	7	397	12	9	215,07	268,84
IPE 400	180	8,6	400	13,5	11	245,72	307,15
HE 180 AA	180	5	167	7,5	5	48,54	60,68
HE 180 A	180	6	171	9,5	6	61,08	76,35
HE 180 B	180	8,5	180	14	9	90,50	113,13
IPEA 500	200	8,4	497	14,5	11	365,85	457,31
IPE 500	200	10,2	500	16	13	412,47	515,59
HE 200 AA	200	5,5	186	8	5	65,25	81,57
HE 200 A	200	6,5	190	10	6	80,75	100,93
HE 200 B	200	9	200	15	9	120,79	150,99
IPEA 600	220	9,8	597	17,5	14	590,51	738,14
IPE 600	220	12	600	19	16	660,26	825,32
HE 220 AA	220	6	205	8,5	5	83,75	104,69
HE 220 A	220	7	210	11	7	106,88	133,60
HE 220 B	220	9,5	220	16	10	155,48	194,35
HE 240 AA	240	6,5	224	9	6	107,27	134,09
HE 240 A	240	7,5	230	12	7	139,98	174,98
HE 240 B	240	10	240	17	10	197,96	247,46
HE 260 AA	260	6,5	244	9,5	6	134,33	167,91
HE 260 A	260	7,5	250	12,5	7	172,92	216,15
HE 260 B	260	10	260	17,5	11	241,20	301,51
HE 280 AA	280	7	264	10	6	164,14	205,18
HE 280 A	280	8	270	13	8	209,06	261,32
HE 280 B	280	10,5	280	18	11	288,39	360,49
HE 300 AA	300	7,5	283	10,4	6	200,22	250,28
HE 300 A	300	8,5	290	14	8	260,00	325,01
HE 300 B	300	11	300	19	11	351,37	439,22

Szükséges gerendaöv varrat gyökméretek S235 anyagminőség esetén

Az alábbi táblázatban bemutatom az S235 anyagminőségű, leggyakrabban használt IPE és HEA szelvényekhez tartozó gerendagerinc varrat gyökméreteket, melyek nem haladják meg a kapcsolt lemez vastagságát, és alkalmazásukkal a kapcsolat nyírési ellenállása eléri a szelvény teherbírásának 80 %-át.

	B [mm]	t _w [mm]	H [mm]	t _f [mm]	a [mm]	V _{Ed, kapcsolat} [kN]	V _{Rd, szelvény} [kN]
IPE 200	100	5,6	200	8,5	3	151,96	189,95
IPEA 200	100	4,5	197	7	3	124,82	156,03
IPEAA 200	100	4,5	196,4	6,7	3	123,74	154,67
HE 100 AA	100	4,2	91	5,5	4	66,75	83,44
HE 100 A	100	5	96	8	5	82,06	102,57
HE 100 B	100	6	100	10	6	98,12	122,65
IPE 240	120	6,2	240	9,8	3	207,31	259,14
IPEA 240	120	5,2	237	8,3	3	176,92	221,15
IPEAA 240	120	4,8	236,4	8	3	166,07	207,59
HE 120 AA	120	4,2	100	5,5	4	74,89	93,62
HE 120 A	120	5	114	8	4	91,83	114,78
HE 120 B	120	6,5	120	11	5	118,96	148,70
HE 140 AA	140	4,3	128	6	3	85,97	107,46
HE 140 A	140	5,5	133	8,5	4	109,84	137,31
HE 140 B	140	7	140	12	5	141,97	177,47
IPEA 330	160	6,5	327	10	3	293,06	366,33
IPE 330	160	7,5	330	11,5	4	334,31	417,89
HE 160 AA	160	4,5	148	7	4	112,67	140,83
HE 160 A	160	6	152	9	4	143,38	179,23
HE 160 B	160	8	160	13	5	190,93	238,66
IPE A 400	180	7	397	12	3	388,58	485,72
IPE 400	180	8,6	400	13,5	4	463,47	579,34
HE 180 AA	180	5	167	7,5	4	131,99	164,98
HE 180 A	180	6	171	9,5	4	157,06	196,33
HE 180 B	180	8,5	180	14	5	219,69	274,61
IPEA 500	200	8,4	497	14,5	4	547,05	683,81
IPE 500	200	10,2	500	16	4	650,17	812,71
HE 200 AA	200	5,5	186	8	4	167,70	209,62
HE 200 A	200	6,5	190	10	4	196,24	245,30
HE 200 B	200	9	200	15	6	269,51	336,89
IPEA 600	220	9,8	597	17,5	4	760,88	951,10
IPE 600	220	12	600	19	5	909,58	1136,98
HE 220 AA	220	6	205	8,5	4	191,36	239,20
HE 220 A	220	7	210	11	4	224,36	280,45
HE 220 B	220	9,5	220	16	6	303,05	378,81
HE 240 AA	240	6,5	224	9	4	233,80	292,25
HE 240 A	240	7,5	230	12	5	273,31	341,64
HE 240 B	240	10	240	17	6	360,68	450,86
HE 260 AA	260	6,5	244	9,5	4	268,64	335,80
HE 260 A	260	7,5	250	12,5	5	312,17	390,21
HE 260 B	260	10	260	17,5	6	408,01	510,01
HE 280 AA	280	7	264	10	4	298,71	373,38
HE 280 A	280	8	270	13	5	344,51	430,64
HE 280 B	280	10,5	280	18	6	446,00	557,50
HE 300 AA	300	7,5	283	10,4	5	351,35	439,19
HE 300 A	300	8,5	290	14	5	404,64	505,81
HE 300 B	300	11	300	19	7	514,81	643,52

Szükséges gerendagerinc varrat gyökméretek S235 anyagminőség esetén

Az alábbi táblázatban bemutatom az S355 anyagminőségű, leggyakrabban használt IPE és HEA szelvényekhez tartozó gerendaöv varrat gyökméreteket, melyek nem haladják meg a kapcsolt lemez vastagságát, és alkalmazásukkal a kapcsolat nyomatéki ellenállása eléri a szelvény teherbírásának 70 %-át.

	B [mm]	t _w [mm]	H [mm]	t _f [mm]	a [mm]	M _{Ed, kapcsolat} [kNm]	M _{Rd, szelvény} [kNm]
IPE 200	100	5,6	200	8,5	8	54,92	78,46
IPEA 200	100	4,5	197	7	6	45,23	64,61
IPEAA 200	100	4,5	196,4	6,7	6	43,74	62,48
HE 100 AA	100	4,2	91	5,5	4	14,50	20,72
HE 100 A	100	5	96	8	6	20,63	29,47
HE 100 B	100	6	100	10	8	25,89	36,99
IPE 240	120	6,2	240	9,8	9	91,20	130,29
IPEA 240	120	5,2	237	8,3	7	77,53	110,76
IPEAA 240	120	4,8	236,4	8	7	74,05	105,79
HE 120 AA	120	4,2	100	5,5	4	20,90	29,86
HE 120 A	120	5	114	8	6	29,70	42,42
HE 120 B	120	6,5	120	11	8	41,05	58,65
HE 140 AA	140	4,3	128	6	4	30,76	43,95
HE 140 A	140	5,5	133	8,5	6	43,11	61,59
HE 140 B	140	7	140	12	8	60,98	87,12
IPEA 330	160	6,5	327	10	8	174,45	249,21
IPE 330	160	7,5	330	11,5	10	199,79	285,42
HE 160 AA	160	4,5	148	7	5	47,31	67,59
HE 160 A	160	6	152	9	6	60,91	87,01
HE 160 B	160	8	160	13	9	87,97	125,67
IPE A 400	180	7	397	12	10	284,28	406,12
IPE 400	180	8,6	400	13,5	12	324,79	463,99
HE 180 AA	180	5	167	7,5	5	64,16	91,66
HE 180 A	180	6	171	9,5	6	80,74	115,34
HE 180 B	180	8,5	180	14	10	119,63	170,90
IPEA 500	200	8,4	497	14,5	12	483,58	690,83
IPE 500	200	10,2	500	16	15	545,21	778,87
HE 200 AA	200	5,5	186	8	5	86,25	123,22
HE 200 A	200	6,5	190	10	7	106,73	152,47
HE 200 B	200	9	200	15	10	159,66	228,09
IPEA 600	220	9,8	597	17,5	16	780,54	1115,06
IPE 600	220	12	600	19	19	872,73	1246,76
HE 220 AA	220	6	205	8,5	6	110,71	158,15
HE 220 A	220	7	210	11	7	141,27	201,82
HE 220 B	220	9,5	220	16	11	205,51	293,59
HE 240 AA	240	6,5	224	9	6	141,79	202,56
HE 240 A	240	7,5	230	12	8	185,03	264,33
HE 240 B	240	10	240	17	11	261,67	373,82
HE 260 AA	260	6,5	244	9,5	6	177,55	253,65
HE 260 A	260	7,5	250	12,5	8	228,57	326,53
HE 260 B	260	10	260	17,5	12	318,83	455,47
HE 280 AA	280	7	264	10	7	216,97	309,95
HE 280 A	280	8	270	13	8	276,33	394,76
HE 280 B	280	10,5	280	18	12	381,20	544,57
HE 300 AA	300	7,5	283	10,4	7	264,65	378,08
HE 300 A	300	8,5	290	14	9	343,68	490,97
HE 300 B	300	11	300	19	13	464,45	663,50

Szükséges gerendaöv varrat gyökméretek S355 anyagminőség esetén

Az alábbi táblázatban bemutatom az S355 anyagminőségű, leggyakrabban használt IPE és HEA szelvényekhez tartozó gerendagerinc varrat gyökméreteket, melyek nem haladják meg a kapcsolt lemez vastagságát, és alkalmazásukkal a kapcsolat nyírési ellenállása eléri a szelvény teherbírásának 70 %-át.

	B [mm]	t _w [mm]	H [mm]	t _f [mm]	a [mm]	V _{Ed, kapcsolat} [kN]	V _{Rd, szelvény} [kN]
IPE 200	100	5,6	200	8,5	3	200,86	286,94
IPEA 200	100	4,5	197	7	3	164,99	235,70
IPEAA 200	100	4,5	196,4	6,7	3	163,56	233,65
HE 100 AA	100	4,2	91	5,5	4	88,23	126,05
HE 100 A	100	5	96	8	5	108,46	154,95
HE 100 B	100	6	100	10	6	129,70	185,28
IPE 240	120	6,2	240	9,8	3	274,03	391,47
IPEA 240	120	5,2	237	8,3	3	233,86	334,08
IPEAA 240	120	4,8	236,4	8	3	219,51	313,59
HE 120 AA	120	4,2	100	5,5	4	99,00	141,42
HE 120 A	120	5	114	8	4	121,38	173,40
HE 120 B	120	6,5	120	11	5	157,24	224,64
HE 140 AA	140	4,3	128	6	3	113,63	162,33
HE 140 A	140	5,5	133	8,5	4	145,19	207,42
HE 140 B	140	7	140	12	5	187,66	268,09
IPEA 330	160	6,5	327	10	3	387,37	553,39
IPE 330	160	7,5	330	11,5	4	441,89	631,27
HE 160 AA	160	4,5	148	7	4	148,92	212,75
HE 160 A	160	6	152	9	4	189,53	270,75
HE 160 B	160	8	160	13	6	252,37	360,52
IPE A 400	180	7	397	12	4	513,63	733,75
IPE 400	180	8,6	400	13,5	4	612,62	875,18
HE 180 AA	180	5	167	7,5	4	174,46	249,23
HE 180 A	180	6	171	9,5	4	207,60	296,58
HE 180 B	180	8,5	180	14	6	290,39	414,84
IPEA 500	200	8,4	497	14,5	4	723,10	1033,00
IPE 500	200	10,2	500	16	5	859,39	1227,71
HE 200 AA	200	5,5	186	8	4	221,66	316,66
HE 200 A	200	6,5	190	10	5	259,40	370,57
HE 200 B	200	9	200	15	6	356,24	508,91
IPEA 600	220	9,8	597	17,5	4	1005,74	1436,77
IPE 600	220	12	600	19	5	1202,29	1717,56
HE 220 AA	220	6	205	8,5	4	252,94	361,34
HE 220 A	220	7	210	11	5	296,56	423,65
HE 220 B	220	9,5	220	16	6	400,57	572,25
HE 240 AA	240	6,5	224	9	4	309,04	441,48
HE 240 A	240	7,5	230	12	5	361,26	516,09
HE 240 B	240	10	240	17	7	476,76	681,08
HE 260 AA	260	6,5	244	9,5	5	355,09	507,27
HE 260 A	260	7,5	250	12,5	5	412,62	589,46
HE 260 B	260	10	260	17,5	7	539,31	770,44
HE 280 AA	280	7	264	10	5	394,83	564,05
HE 280 A	280	8	270	13	5	455,38	650,54
HE 280 B	280	10,5	280	18	7	589,52	842,18
HE 300 AA	300	7,5	283	10,4	5	464,42	663,45
HE 300 A	300	8,5	290	14	6	534,86	764,09
HE 300 B	300	11	300	19	7	680,49	972,12

Szükséges gerendagerinc varrat gyökméretek S355 anyagminőség esetén



Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak egyszerűsített méretezése

3. sz. Melléklet

Az ajánlott csavarméret meghatározása

TDK konferencia
Építészmérnöki kar
2016

Szerző: **Kristóf Imola**
Konzulens: **Dr. Hegyi Dezső**, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Az alábbi táblázatban bemutatom a különböző, S235 anyagminőségű, leggyakrabban használt IPE és HEA szelvényekhez tartozó, 8.8 minőségű csavarméreteket, melyek alkalmazásával a kapcsolat nyomatéki ellenállása eléri a szelvény teherbírásának 80 %-át.

	D	M_{Ed, kapcsolat} [kNm]	M_{Rd, szelvény} [kNm]
IPE 200	12	49,79	51,94
IPEA 200	12	49,43	42,77
IPEAA 200	12	49,36	41,36
HE 100 AA	12	19,06	13,71
HE 100 A	12	17,09	19,51
HE 100 B	14	23,85	24,49
IPE 240	14	81,70	86,25
IPEA 240	12	59,53	73,32
IPEAA 240	12	59,45	70,03
HE 120 AA	12	18,35	19,77
HE 120 A	14	28,09	28,08
HE 120 B	16	39,43	38,82
HE 140 AA	12	23,70	29,09
HE 140 A	14	32,99	40,77
HE 140 B	16	46,30	57,67
IPEA 330	16	154,37	164,97
IPE 330	16	155,05	188,94
HE 160 AA	14	37,36	44,74
HE 160 A	16	51,73	57,60
HE 160 B	20	82,98	83,19
IPE A 400	18	231,14	268,84
IPE 400	20	296,00	307,15
HE 180 AA	16	57,70	60,68
HE 180 A	18	71,44	76,35
HE 180 B	20	93,70	113,13
IPEA 500	20	373,76	457,31
IPE 500	22	463,55	515,59
HE 200 AA	18	78,74	81,57
HE 200 A	20	101,61	100,93
HE 200 B	22	129,15	150,99
IPEA 600	24	651,56	738,14
IPE 600	27	849,20	825,32
HE 220 AA	18	86,93	104,69
HE 220 A	20	112,33	133,60
HE 220 B	24	165,92	194,35
HE 240 AA	20	121,36	134,09
HE 240 A	22	152,19	174,98
HE 240 B	27	235,83	247,46
HE 260 AA	22	163,71	167,91
HE 260 A	24	193,16	216,15
HE 260 B	27	256,45	301,51
HE 280 AA	22	177,32	205,18
HE 280 A	27	271,79	261,32
HE 280 B	30	338,65	360,49
HE 300 AA	24	221,71	250,28
HE 300 A	27	291,88	325,01
HE 300 B	30	363,20	439,22

Szükséges csavarméretek S235 és 8.8 anyagminőségek esetén

Az alábbi táblázatban bemutatom a különböző, S355 anyagminőségű, leggyakrabban használt IPE és HEA szelvényekhez tartozó, 10.9 minőségű csavarméreteket, melyek alkalmazásával a kapcsolat nyomatéki ellenállása eléri a szelvény teherbírásának 70 %-át.

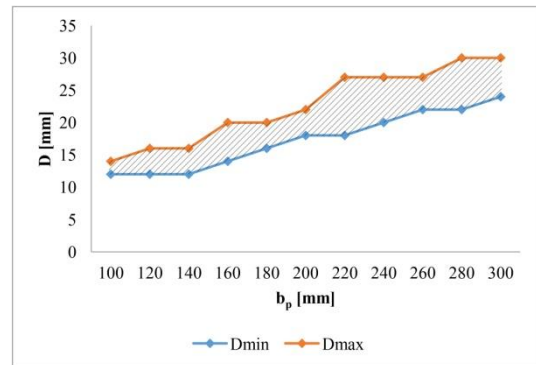
	D [mm]	M _{Ed, kapcsolat} [kNm]	M _{Rd, szelvény} [kNm]
IPE 200	12	62,24	78,46
IPEA 200	12	61,79	64,61
IPEAA 200	12	61,70	62,48
HE 100 AA	12	23,82	20,72
HE 100 A	12	21,36	29,47
HE 100 B	14	29,81	36,99
IPE 240	14	102,13	130,29
IPEA 240	14	101,50	110,76
IPEAA 240	12	74,32	105,79
HE 120 AA	12	22,94	29,86
HE 120 A	14	35,11	42,42
HE 120 B	16	49,29	58,65
HE 140 AA	14	40,41	43,95
HE 140 A	16	56,29	61,59
HE 140 B	18	70,78	87,12
IPEA 330	16	192,96	249,21
IPE 330	18	237,01	285,42
HE 160 AA	16	63,75	67,59
HE 160 A	16	64,66	87,01
HE 160 B	20	103,72	125,67
IPE A 400	18	288,92	406,12
IPE 400	20	370,00	463,99
HE 180 AA	16	72,12	91,66
HE 180 A	18	89,30	115,34
HE 180 B	22	144,86	170,90
IPEA 500	22	577,80	690,83
IPE 500	22	579,43	778,87
HE 200 AA	18	98,43	123,22
HE 200 A	20	127,01	152,47
HE 200 B	22	161,44	228,09
IPEA 600	24	814,46	1115,06
IPE 600	27	1061,50	1246,76
HE 220 AA	20	138,65	158,15
HE 220 A	22	173,66	201,82
HE 220 B	24	207,39	293,59
HE 240 AA	20	151,70	202,56
HE 240 A	22	190,24	264,33
HE 240 B	27	294,79	373,82
HE 260 AA	22	204,63	253,65
HE 260 A	24	241,45	326,53
HE 260 B	27	320,57	455,47
HE 280 AA	22	221,65	309,95
HE 280 A	27	339,73	394,76
HE 280 B	30	423,31	544,57
HE 300 AA	24	277,14	378,08
HE 300 A	27	364,85	490,97
HE 300 B	30	454,01	663,50

Szükséges csavarméretek S355 és 10.9 anyagminőségek esetén

Az alábbi táblázatban és grafikonon bemutatom a különböző, S235 anyagminőségű, leggyakrabban használt IPE és HEA szelvényekhez tartozó, 8.8 minőségű ajánlott csavarméret tartományát, melyek alkalmazásával a kapcsolat nyomatéki ellenállása eléri a szelvény teherbírásának 80 %-át.

B [mm]	D _{min} [mm]	D _{max} [mm]
100	12	14
120	12	16
140	12	16
160	14	20
180	16	20
200	18	22
220	18	27
240	20	27
260	22	27
280	22	30
300	24	30

Ajánlott csavarméret S235 és 8.8 anyagminőségek esetén

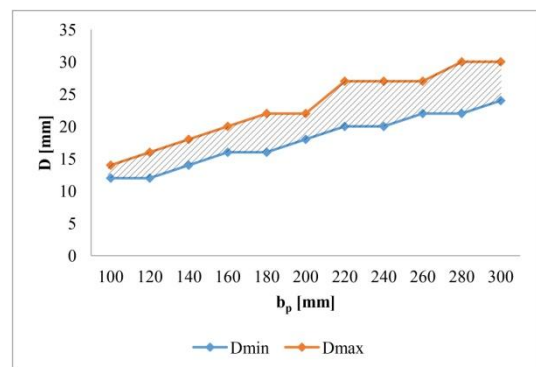


Ajánlott csavarméret tartománya S235 és 8.8 anyagminőségek esetén

Az alábbi táblázatban és grafikonon bemutatom a különböző, S355 anyagminőségű, leggyakrabban használt IPE és HEA szelvényekhez tartozó, 10.9 minőségű ajánlott csavarméret tartományát, melyek alkalmazásával a kapcsolat nyomatéki ellenállása eléri a szelvény teherbírásának 70 %-át.

B [mm]	D _{min} [mm]	D _{max} [mm]
100	12	14
120	12	16
140	12	16
160	14	20
180	16	20
200	18	22
220	18	27
240	20	27
260	22	27
280	22	30
300	24	30

Ajánlott csavarméret S355 és 10.9 anyagminőségek esetén



Ajánlott csavarméret tartománya S355 és 10.9 anyagminőségek esetén



Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak egyszerűsített méretezése

4. sz. Melléklet

A számítás végrehajtása

TDK konferencia
Építészmérnöki kar
2016

Szerző: **Kristóf Imola**
Konzulens: **Dr. Hegyi Dezső**, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

A továbbiakban egy konkrét példán keresztül mutatom be az egyszerűsített méretezési eljárás menetét.

Az alkalmazott szelvény adatai és a kapcsolat igénybevétele:

IPE 330

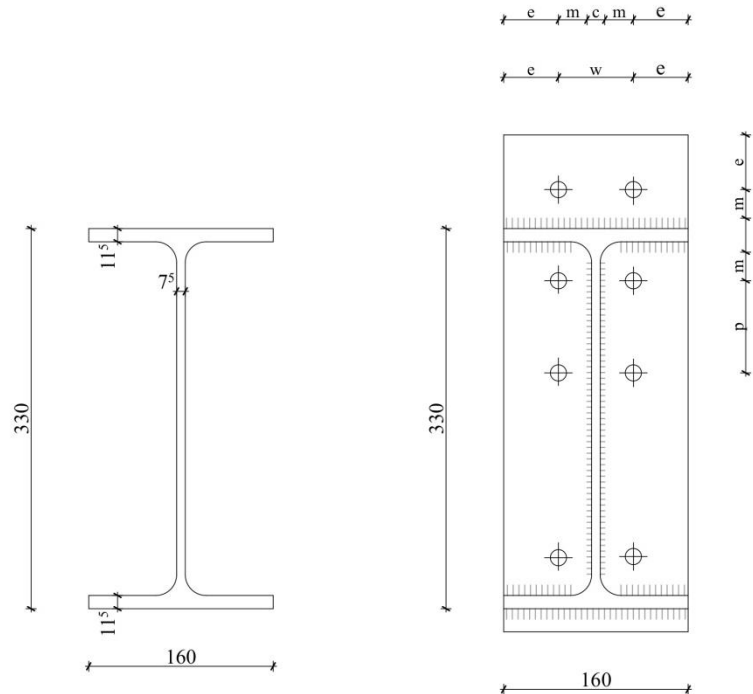
S235 $f_{y,d}=235 \text{ N/mm}^2$

8.8 $f_{ub}=800 \text{ N/mm}^2$

$W_{pl,y}=804,33 \text{ cm}^3$

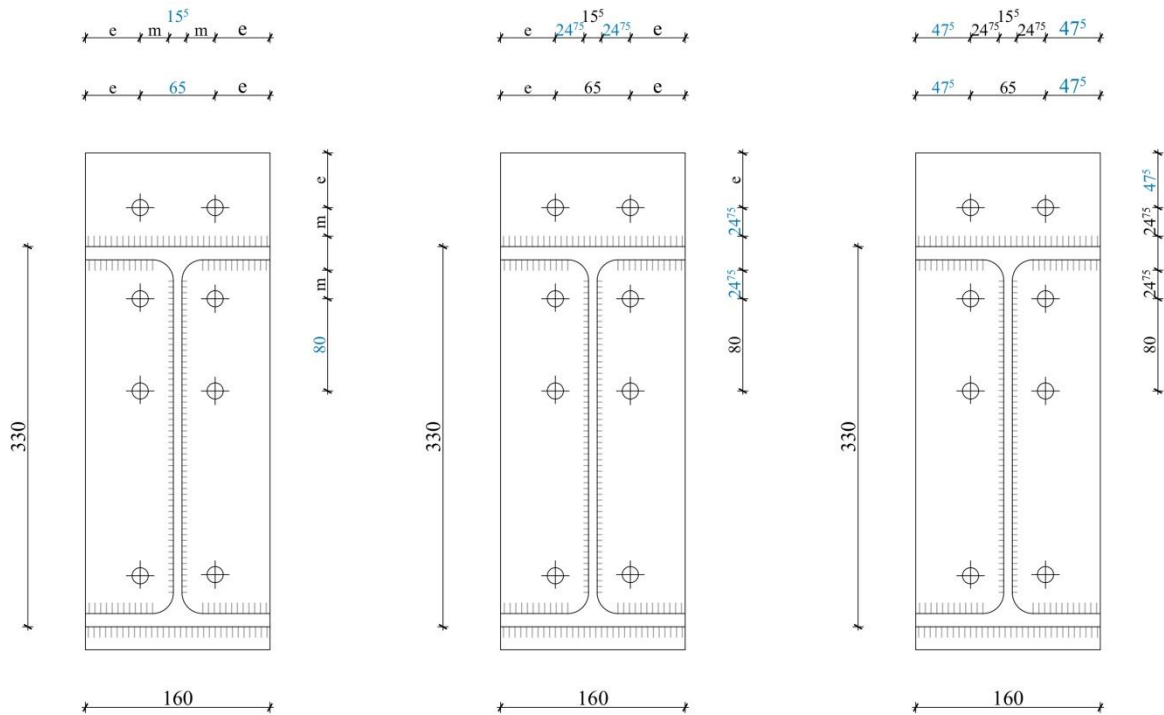
$M_{pl,Rd}=189 \text{ kNm}$

$M_{Ed}=150 \text{ kNm}$



Első lépésként a táblázat alapján meghatározható a kapcsolat pontos geometriája. A 160 mm-es lemezszélesség (b_p) meghatározza a csavarok csavarsoron belüli távolságát (w), amely 65 mm. A csavarsorok távolságát (p) a lemezszélesség felére kell felvenni, ez jelen esetben 80 mm-t jelent.

b_p [mm]	w [mm]	c_{min} [mm]	c_{max} [mm]	D [mm]								
				12	14	16	18	20	22	24	27	30
				$F_{tb,Rd}$ [kN]								
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1
100	50	10	20	16	18	21	23	26	29	32	36	40
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31	35	38
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	38
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	37
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	26	29	32	36
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35



Az általam ajánlott értékek akkor alkalmazhatóak, ha a gerinc megtámasztó hatásának értéke (c) megadott tartományon belül helyezkedik el, azaz 11,5 és 23 mm közötti.

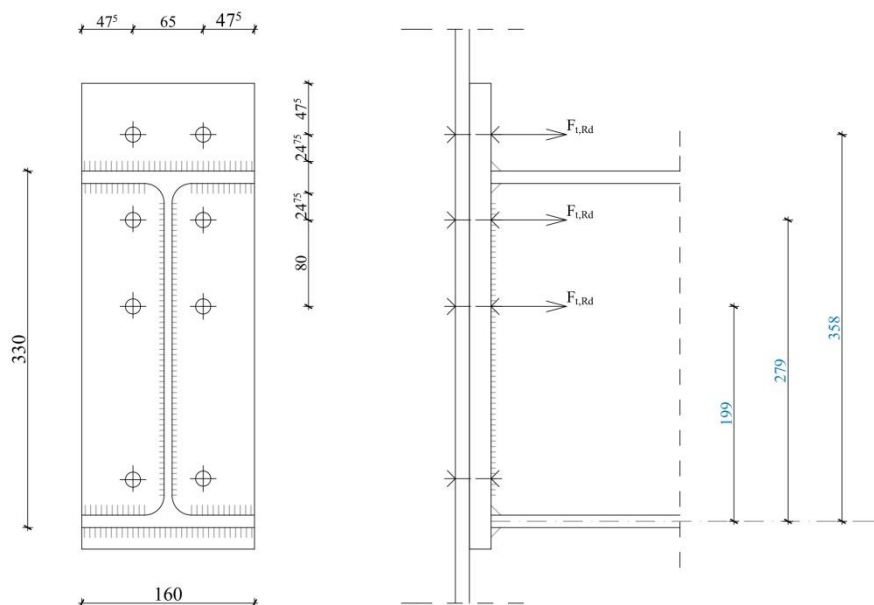
$$a^{\text{gerinc}} = 4 \text{ mm}$$

$$c = 7,5 + 2 \cdot 4 = 15,5 \text{ mm}$$

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

$$11,5 < 15,5 < 23 \quad \checkmark$$

Második lépésként felírható egy nyomatéki egyenlet a nyomott öv tengelyére. Ekkor a kapcsolatra ható nyomatékból a csavarsorok erőkarjának segítségével meghatározható az egyes csavarokra jutó erő.



$$M_{Rd} = \sum (F_{t,Rd} * k)$$

$$M_{Rd} = 2 F_{t,Rd} * \sum k$$

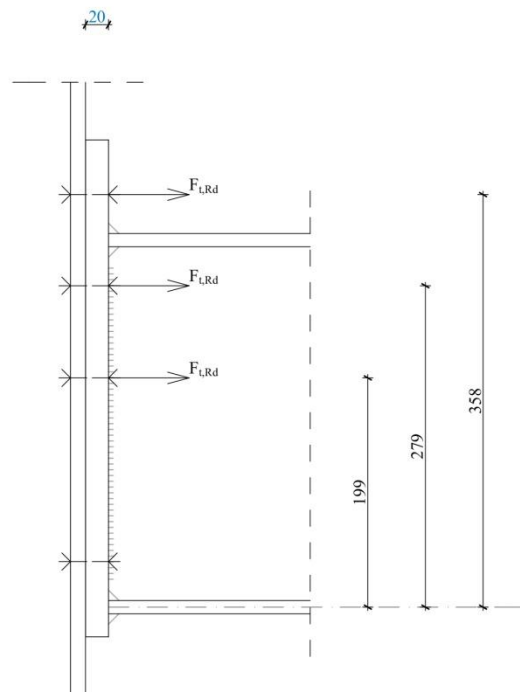
$$F_{t,Ed} = \frac{M_{Rd}}{2 \sum k}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{150 * 10^6}{2 * (199 + 279 + 358)}$$

$$F_{t,Ed} = 89,7 \text{ kN}$$

Harmadik lépésként a szükséges húzási ellenállás ismeretében kikereshető a táblázatból a megfelelő csavarátmérő, és az ahhoz tartozó homloklemez vastagság. Előbbi esetünkben M18, utóbbi 20 mm.

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]								
				12	14	16	18	20	22	24	27	30
				F _{tb,Rd} [kN]								
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1
100	50	10	20	16	18	21	23	26	29	32	36	40
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31	35	38
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	38
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	37
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	26	29	32	36
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35





Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak egyszerűsített méretezése

5. sz. Melléklet

A méretek korrigálása

TDK konferencia
Építészmérnöki kar
2016

Szerző: **Kristóf Imola**
Konzulens: **Dr. Hegyi Dezső**, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

A továbbiakban egy konkrét példán keresztül mutatom be az egyszerűsített méretezési eljárás során meghatározott méretek korrigálásának lehetőségét.

Az alkalmazott szelvény adatai és a kapcsolat igénybevétele:

IPE 330

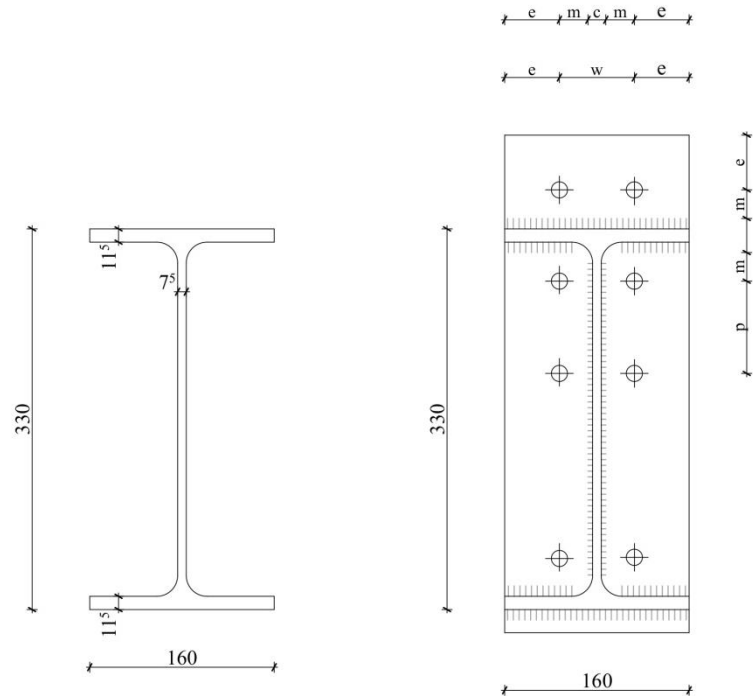
S235 $f_{y,d}=235 \text{ N/mm}^2$

8.8 $f_{ub}=800 \text{ N/mm}^2$

$W_{pl,y}=804,33 \text{ cm}^3$

$M_{pl,Rd}=189 \text{ kNm}$

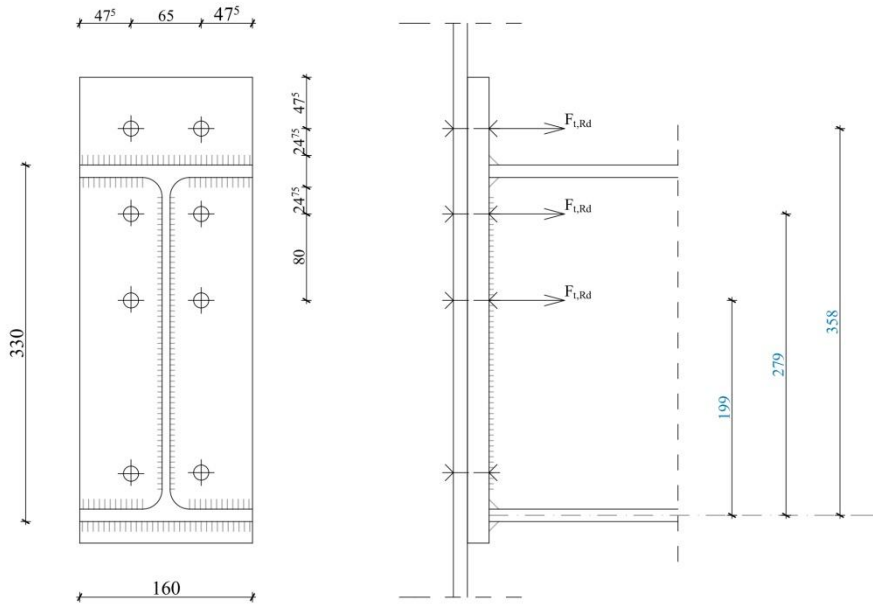
$M_{Ed}=115 \text{ kNm}$



A kapcsolat geometriája a táblázat alapján:

b_p [mm]	w [mm]	c_{min} [mm]	c_{max} [mm]	D [mm]								
				12	14	16	18	20	22	24	27	30
				$F_{tb,Rd}$ [kN]								
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1
100	50	10	20	16	18	21	23	26	29	32	36	40
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31	35	38
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	38
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	37
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	26	29	32	36
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35

Nyomatéki egyenlet felírása a nyomott öv tengelyére:



$$M_{Rd} = \sum(F_{t,Rd} * k)$$

$$M_{Rd} = 2F_{t,Rd} * \sum k$$

$$F_{t,Ed} = \frac{M_{Rd}}{2 \sum k}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{115 * 10^6}{2 * (199 + 279 + 358)}$$

$$F_{t,Ed} = 68,8 \text{ kN}$$

A csavarátmérő meghatározásakor láthatjuk, hogy a szükségesnél egy mérettel kisebb csavar ellenállása is majdnem megfelelő.

$$F_{t,Ed} = 68,8 \text{ kN}; \quad F_{t,Rd}^{M14} = 66,2 \text{ kN}; \quad F_{t,Rd}^{M16} = 90,4 \text{ kN};$$

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]										
				12	14	16	18	20	22	24	27	30		
				F _{tb,Rd} [kN]										
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1		
100	50	10	20	16	18	21	23	26	29	32	36	40		
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31	35	38		
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	38		
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	37		
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36		
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	26	29	32	36		
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36		
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35		
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35		
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35		
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35		

Ekkor a gerenda húzott övén kívüli csavarsor erőkarjának növelésével – a kisebb csavarátmérő alkalmazása mellett is – elérhetjük a kívánt teherbírást.

$$M_{Rd} = \sum (F_{t,Rd} * k)$$

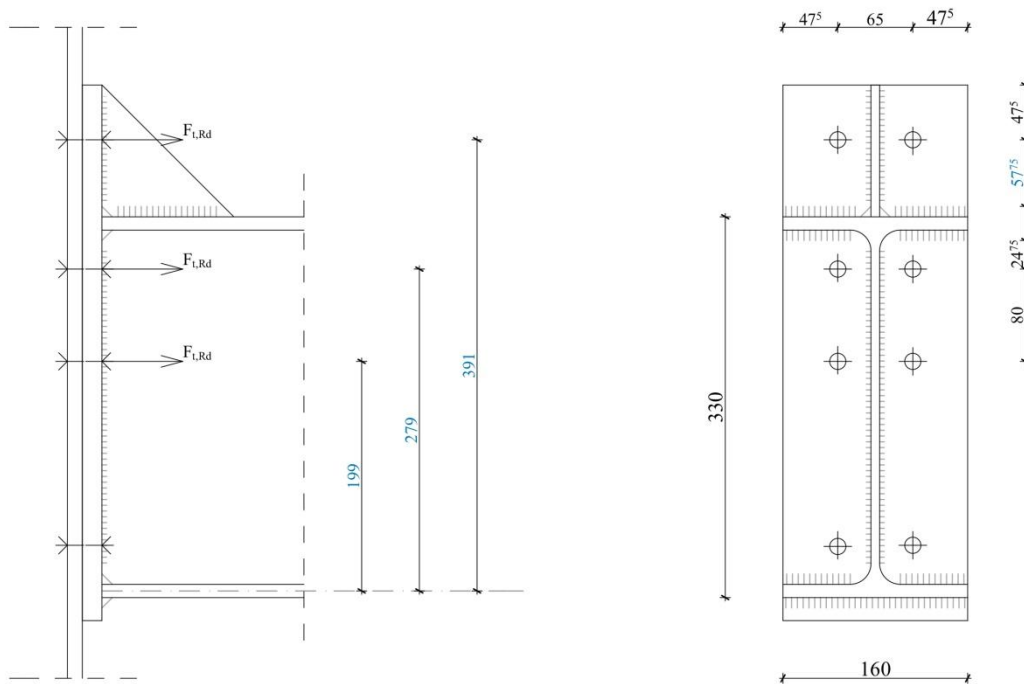
$$k_1 = 199 \text{ mm}$$

$$\sum k = \frac{M_{Rd}}{2F_{t,Rd}}$$

$$k_2 = 279 \text{ mm}$$

$$\sum k = \frac{115 * 10^6}{2 * 66,2 * 10^3} = 868,6 \text{ mm}$$

$$k_3 = 867 - 199 - 279 = 391 \text{ mm}$$



Láthatjuk, hogy az övön kívüli csavarsor erőkarjának 33 mm-es növelésével elérhetjük a szükséges teherbírást, kisebb csavarátmérő alkalmazása mellett. Ez a megoldás a homloklemez vastagságát is csökkenti.

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]									
				12	14	16	18	20	22	24	27	30	
				F _{tb,Rd} [kN]									
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	
100	50	10	20	16	18	21	23	26	29	32	36	40	
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31	35	38	
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	38	
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	37	
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36	
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	26	29	32	36	
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36	
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35	
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35	



Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak egyszerűsített méretezése

6. sz. Melléklet

Tervezői szabadság a geometriában

TDK konferencia
Építészmérnöki kar
2016

Szerző: **Kristóf Imola**
Konzulens: **Dr. Hegyi Dezső**, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

A továbbiakban egy konkrét példán keresztül mutatom be az egyszerűsített méretezési eljárás során a tervezői szabadság lehetőségét a geometriában.

Az alkalmazott szelvény adatai és a kapcsolat igénybevétele:

IPE 330

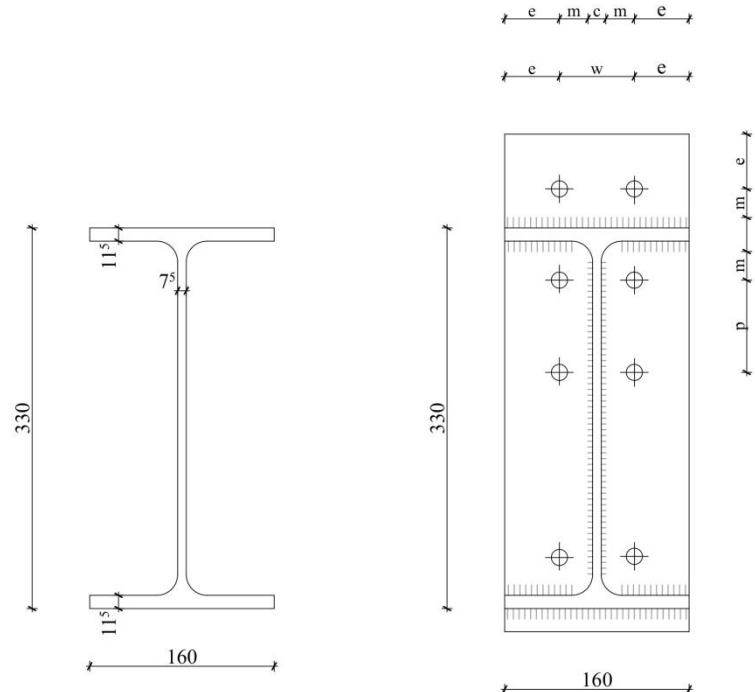
S235 $f_{y,d}=235 \text{ N/mm}^2$

8.8 $f_{ub}=800 \text{ N/mm}^2$

$W_{pl,y}=804,33 \text{ cm}^3$

$M_{pl,Rd}=189 \text{ kNm}$

$M_{Ed}=100 \text{ kNm}$



A kapcsolat geometriája a táblázat alapján:

b_p [mm]	w [mm]	c_{min} [mm]	c_{max} [mm]	D [mm]								
				12	14	16	18	20	22	24	27	30
				$F_{tb,Rd}$ [kN]								
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1
100	50	10	20	16	19	21	23	26				
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31		
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	27	29	32	36
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35

Színmagyarázat $\Delta t =$

1 mm

2 mm

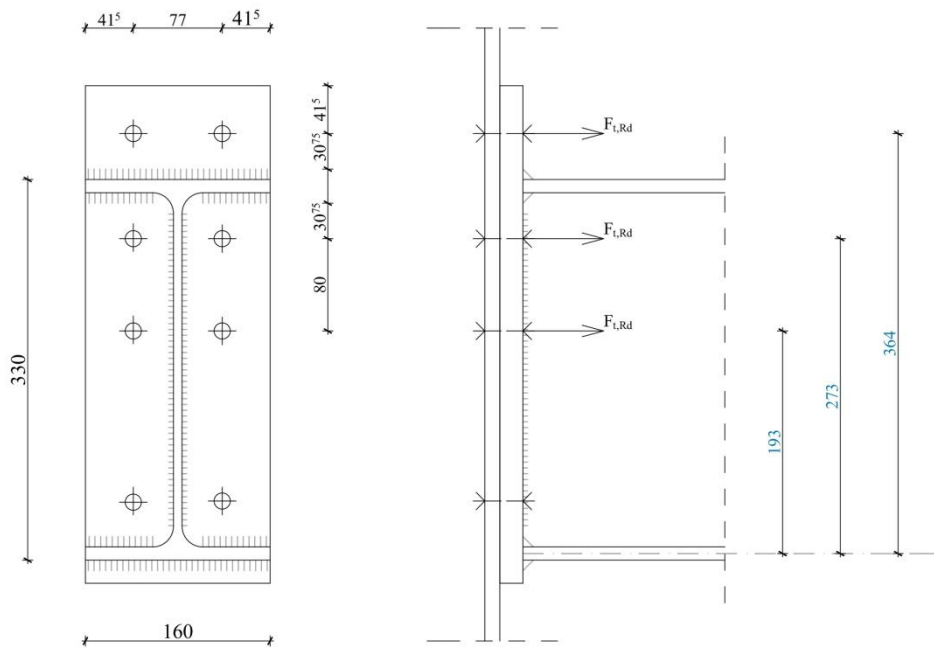
3 mm

4 mm

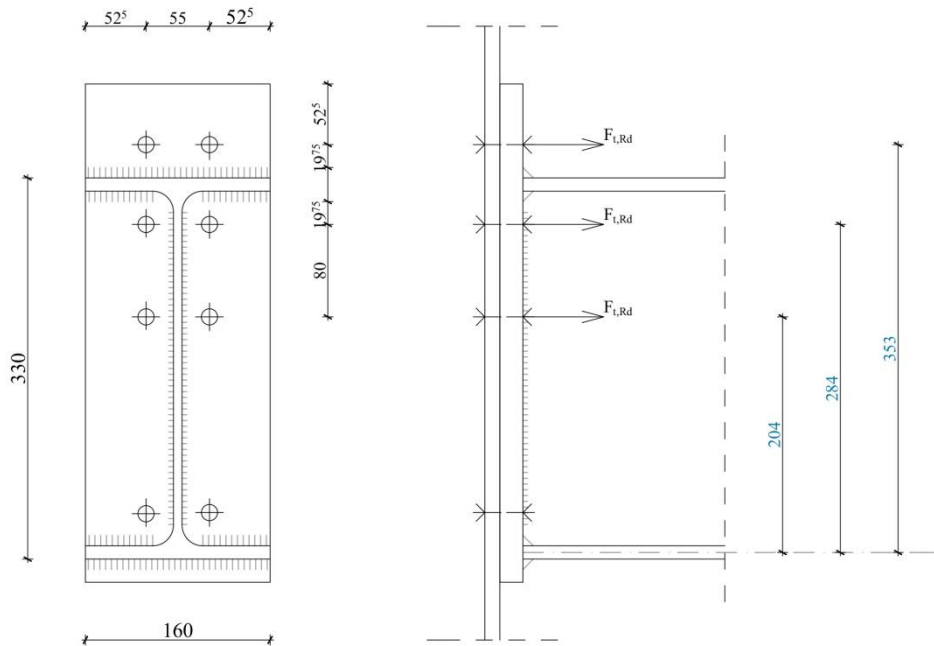
5 mm

Amennyiben a kapcsolat konstruálása során szükséges, w értékét maximum 12 mm-rel növelhetjük, vagy maximum 10 mm-rel csökkenthetjük.

A csavarok vízszintes tengelytávolságának 12 mm-es növelésekor a kapcsolat geometriája az alábbi ábrának megfelelően alakul:



A csavarok vízszintes tengelytávolságának 10 mm-es csökkentésekor a kapcsolat geometriája az alábbi ábrának megfelelően alakul:



A nyomott öv tengelyére felírt nyomatéki egyenlettel mindkét esetben meghatározhatjuk az egyes csavarokra jutó erő nagyságát.

$$F_{t,Ed}^{+12} = \frac{100 \cdot 10^6}{2 \cdot (193 + 273 + 364)}$$

$$F_{t,Ed}^{+12} = 60,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed}^{-10} = \frac{100 \cdot 10^6}{2 \cdot (204 + 284 + 353)}$$

$$F_{t,Ed}^{-10} = 59,4 \text{ kN}$$

A csavarok szükséges ellenállása alapján kikereshetjük a táblázatból az alkalmazandó csavarátmérőket és homloklemez vastagságokat.

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]									
				12	14	16	18	20	22	24	27	30	
				F _{t,Rd} [kN]									
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	
100	50	10	20	16	19	21	23	26					
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31			
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34		
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33		
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36	
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	27	29	32	36	
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36	
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35	
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35	

Színmagyarázat

Δt=

1 mm

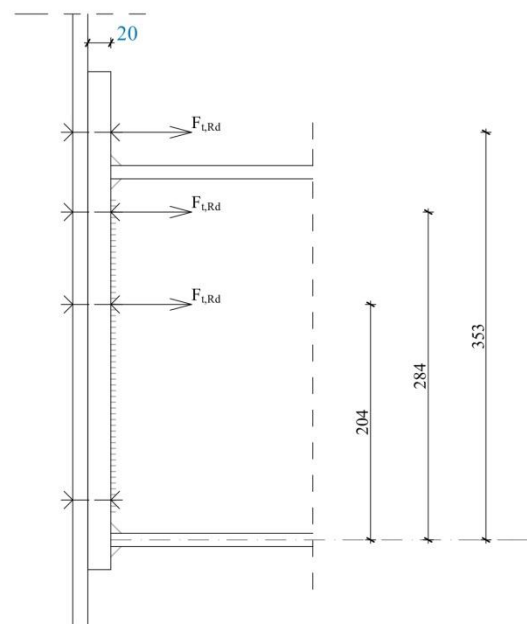
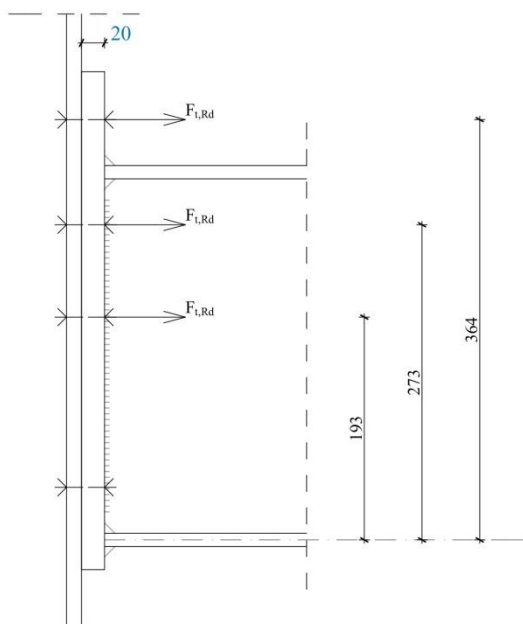
2 mm

3 mm

4 mm

5 mm

A táblázatban szereplő homloklemez vastagság *w* változtatása miatt 3 mm-rel növelendő, ezért *t* végleges értéke 20 mm.





**Acélszerkezetek homloklemez-es kapcsolatainak
egyszerűsített méretezése**

7. sz. Melléklet

A képlékeny tönkremenetel elérése

TDK konferencia
Építészmérnöki kar
2016

Szerző: **Kristóf Imola**
Konzulens: **Dr. Hegyi Dezső**, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

A továbbiakban egy konkrét példán keresztül mutatom be az egyszerűsített méretezési eljárás során a képlékeny tönkremenetel elérésének lehetőségét.

Az alkalmazott szelvény adatai és a kapcsolat igénybevétele:

IPE 330

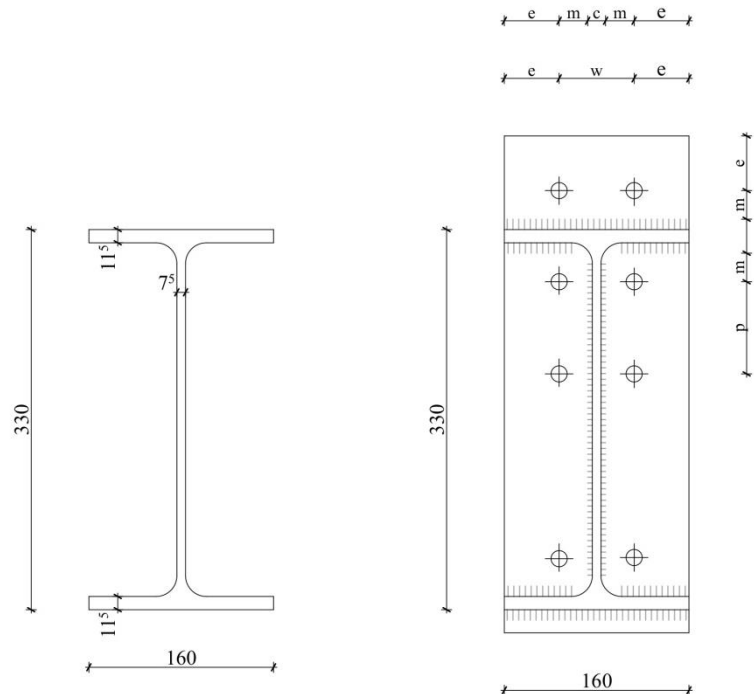
S235 $f_{y,d}=235 \text{ N/mm}^2$

8.8 $f_{ub}=800 \text{ N/mm}^2$

$W_{pl,y}=804,33 \text{ cm}^3$

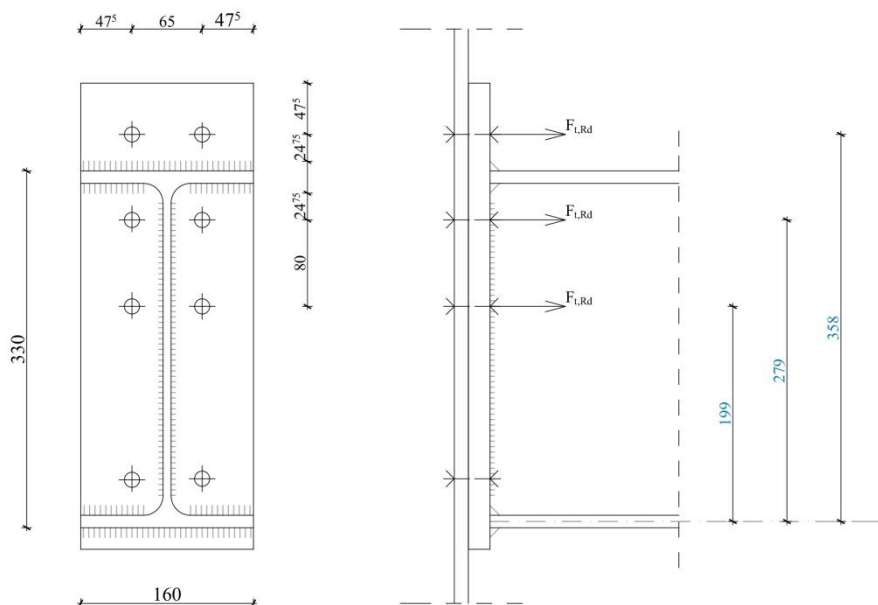
$M_{pl,Rd}=189 \text{ kNm}$

$M_{Ed}=150 \text{ kNm}$



A kapcsolat geometriája a táblázat alapján:

b_p [mm]	w [mm]	c_{min} [mm]	c_{max} [mm]	D [mm]									
				12	14	16	18	20	22	24	27	30	
				$F_{tb,Rd}$ [kN]									
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	
100	50	10	20	16	18	21	23	26	29	32	36	40	
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31	35	38	
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	38	
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	37	
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36	
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	26	29	32	36	
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36	
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35	
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35	



A csavarokra jutó erő a nyomatéki egyenlet alapján:

$$M_{Rd} = \sum(F_{t,Rd} * k)$$

$$M_{Rd} = 2F_{t,Rd} * \sum k$$

$$F_{t,Ed} = \frac{M_{Rd}}{2 \sum k}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{150 * 10^6}{2 * (199 + 279 + 358)}$$

$$F_{t,Ed} = 89,7 \text{ kN}$$

A csavarokra jutó erő alapján kikereshetjük a táblázatból az alkalmazandó csavarátmérőket és homloklemez vastagságokat. A képlékeny viselkedés érdekében a 20 mm-es homloklemez vastagság megtartása mellett alkalmazzunk eggyel nagyobb csavarátmérőt, azaz növeljük a csavar méretét M16-ról M18-ra! Ekkor a kapcsolat a csavarok rideg törése helyett a homloklemez folyásával megy tönkre, a helyettesítő T-elem ellenállásának csökkenése nélkül.

b _p [mm]	w [mm]	c _{min} [mm]	c _{max} [mm]	D [mm]									
				12	14	16	18	20	22	24	27	30	
				F _{tb,Rd} [kN]									
				48,6	66,2	90,4	110,6	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	
100	50	10	20	16	18	21	23	26	29	32	36	40	
120	55	10,5	21	15	18	21	23	26	28	31	35	38	
140	60	11	22	15	17	20	22	25	28	30	34	38	
160	65	11,5	23	15	17	20	22	25	27	29	33	37	
180	70	12	24	14	17	19	21	24	27	29	33	36	
200	75	12,5	25	14	17	19	21	24	26	29	32	36	
220	80	13	26	14	16	19	21	24	26	28	32	36	
240	85	13,5	27	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
260	90	14	28	14	16	19	21	23	26	28	32	35	
280	95	14,5	29	14	16	19	21	23	26	28	31	35	
300	100	15	30	14	16	19	20	23	26	27	31	35	