PILTMAN GÁBOR[1]

Faszerkezetek az építőiparban

MOTIVÁCIÓ

Ács szakmunkásként nagyon közel áll a szívemhez a fa mint alapanyag. Több nemzetközi versenyen és szakmai továbbképzésen vettem részt külföldön, és vannak országok, ahol a fa építészetnek nagyobb hagyománya van, mint Magyarországon. Ebből adódóan a „modern" alapanyagok fejlesztésére nagyobb hangsúlyt fektet például a német, osztrák és francia piac is. A jövő egyértelműen a ragasztott, nagyobb teherbírású és statikailag pontosabban számítható alapanyagban van. Az irodalomkutatásom célja egy tömör áttekintése az RR (Rétegelt Ragasztott) alapanyag gyártásától a kapcsolatokon át a jövőbeni lehetőségekig.

1. BEVEZETÉS

Földünk földterületének mintegy negyedét erdő borítja. A fák nagy méretük és hosszú élettartamuk miatt a növényvilágban fontos szerepet töltenek be. Nagyságuk a törpefenyőtől a 120 méter magas mamutfenyőig terjed. Egy-két faj életkora meghaladhatja az ezer évet is.[2] A faszerkezeteket hosszú időn keresztül statikai méretezés nélkül, tapasztalati úton alakított méretekkel készítették. Ennek következménye, hogy mindet túlméretezték. A nagy mennyiségben rendelkezésre álló faanyag lehetővé tette ezt a pazarlást, de egész Európában, így hazánkban is egyre kevesebb az alapanyag, ezért szükséges a mérnöki számítással méretezett fatartók alkalmazása. A faanyag megválasztásánál nagyon sok szempontot figyelembe kell venni. Többek között a térfogattömeget, melyet a fa fajtája határoz meg, a nedvességtartalmat, hogy légszáraz vagy szárított az alapanyag. Hasonlóan fontosak a szilárdságot befolyásoló tényezők, az erőhatás iránya és a fahibák mértéke. A nedvességen kívül a hő okozza a későbbi zsugorodást, dagadást, deformálódást. Viszont a természetben nagyon ritka, hogy nagyobb méretben ezeknek a feltételeknek megfelelő alapanyagot találunk, ezért egyre nagyobb teret nyernek a ragasztott tartók.

Így a csomós, repedezett, beteg részeket ki lehet ejteni, és csak a minőségi részt felhasználni, egységes méretekre szabni és összeragasztani a szükséges keresztmetszetre és hosszra.[3]

---

[1] SZE Építész-, Építő- és Közlekedésmérnöki Kar, építőmérnök. Témavezető: Dr. Bukovics Ádám SZE Építész-, Építő- és Közlekedésmérnöki Kar, Szerkezetépítés és Geotechnikai Tanszék, egyetemi adjunktus.

[2] Bastian, Hans-Werner: *A fa mint alapanyag*, fordította: Gertheis Antal, Cser Kiadó, Budapest, 2004.

[3] Wittmann Gyula: *Építőipari fa tartószerkezetek gyártása*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.

2. MI IS AZ A RÉTEGELT RAGASZTOTT FA?

2.1. A ragasztott tartókról általában

Már a 20. század elején szabadalmaztatta Friedrich Otto van Hertzer. 1992-ben Magyarországra is elért, de azóta is lassan terjed.

Leggyakrabban négyszög keresztmetszetű ragasztott fa gerendák készülnek, gyakoriak még az I szelvénnyel készült vagy kazettás gerendák is. A rétegelt ragasztott tartók magassági és hosszúsági méreteinek csak a technikai és technológiai korlátok szabnak határt.[4]

A beépítés helye szerint három fő csoportot különböztetünk meg:

- Olyan klíma, ahol a légtéri hőmérséklet 20 °C és páratartalma legfeljebb évente néhány hétig haladja meg a 65%-ot,
- Olyan klíma, ahol a légtéri hőmérséklet 20 °C és a páratartalom évente maximum néhány hétig haladja meg a 85%-ot,
- Kültéri használat, ahol a páratartalom ingadozik.

2.2. Gyártásuk

A rétegelt ragasztott tartók gyártása minden esetben üzemi körülmények között történik szigorú előírások betartásával.

Alapanyagként elsősorban fenyőfát alkalmazunk, főleg luc- és jegenyefenyőt, ezeken kívül erdei- és vörösfenyőt, nyárfát, akácot és csert. Ezek minőségét egy szabvány határozza meg (MSZ 08.060077). Az alapanyag nem tartalmazhat beteg, görbüld, repedt fát, valamint meg kell vizsgálnunk a szilárdsági szempontokat is.[5]

A gyártás főbb műveletei:

- Faanyag előkészítés (szárítás, méret válogatás, hiba kiejtés, szélezés, szeletelés, osztályozás),
- Lamella elemek kialakítása,
- Hossztoldás,
- *Ékcsapfogazásos hossztoldás:* Két azonos fogbeosztású és azonos méretekkel rendelkező faanyag végét ragasztják össze,
- Tartók ragasztása (préselése),
- Utómegmunkálás: a felületi hibák javítása,
- Védő és felületkezelés: védőszerek, felületkezelő lakkok, festékek felhordása,
- Szerelvényezés: a kész tartókra szerelendő kapcsoló szerelvények felrögzítése.[6]

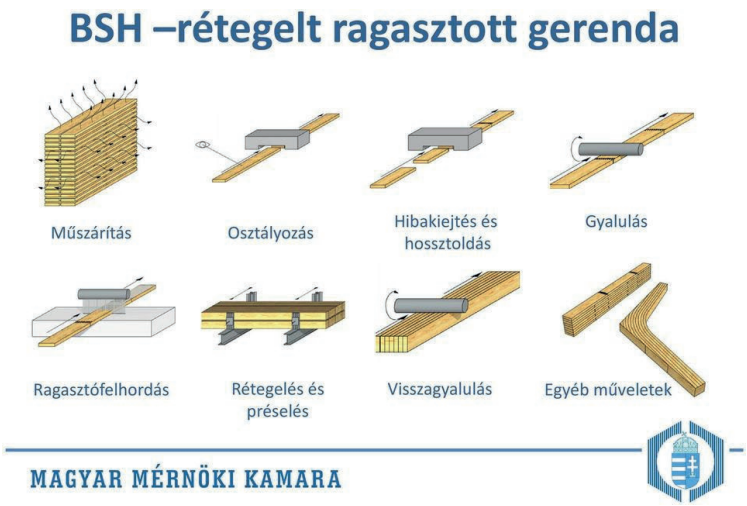
---

[4] Koselák Zsolt: *A rétegelt ragasztott fa szerkezetek*, Győr, 2008, szakdolgozat, tanszéki konzulens: Kováts Tibor, külső konzulens: Kováts Tibor.

[5] Hantos Zoltán: *Faszerkezetek megerősítése*, 2006, Épülettani konferencia, Pécs. http://real.mtak.hu/18079/1/Faipar_54_23_8.pdf.

[6] Wittmann: i. m.

BSH RR gerenda gyártása[7]



2.3. Ragasztók

„Ragasztónak nevezzük azokat az anyagokat, amelyek két pontosan illeszkedő felületre vékonyan felhordva az előírt préskörülmények között sajtolva, folyékony vagy megfolyósodott fázisból szilárd fázisba mennek át. E folyamatok után a felületek szétválasztása csak mechanikai erőkifejtéssel lehetséges."

A ragasztókkal szembeni két legfontosabb követelmény, hogy a kötés szilárdsága magasabb legyen, mint a faanyagé és álljon ellen a környezeti hatásoknak, vagyis legyen öregedésálló.[8]

Faszerkezeti ragasztó anyagok

Természetes eredetű			Szintetikus eredetű		
Állati eredetű	Növényi er.	Ásványi er.	Polimerizáció	Polikondenzációs	Poliaddíciós
glutén kazein	keményítő dextrin	bitumen	PVA PVC	karbamid melamin fenol rezorcinformaldehid	epoxi poliuretán

[7] Hantos: i. m.
[8] Koselák: i. m.

Ragasztást befolyásoló tényezők:[9]

- A faanyag: fafaj, zsugorodás-dagadás mértéke, a megmunkálás módja,
- A ragasztó: felhordás ideje, préselési hőmérséklet, felhordás mennyisége, préselés ideje, valamint fehéredési pontja,
- A környezet: hőmérséklet, páratartalom.

A ragasztók felhasználhatósági területeit három fő csoportra oszthatjuk a környezeti tényezők szerint:

- száraz, jól szellőző és páramentes helyeken kazein enyveket, valamint karbamit-formaldehid alapú ragasztó használható,
- enyhén párás légtérben vagy nedvességnek rövid ideig kitett szerkezeteknél karbamid-formaldehid és rezorcin-formaldehid alapú ragasztó használható,
- az időjárás változás hatásának, nedvességnek, párás melegnek stb. kitett szerkezetekhez víz és főzés álló rezorcin formaldehid alapú ragasztóanyag használata kötelező.

2.4. Rétegelt ragasztott tartók fajtái

Jó megmunkálhatósága és magas szilárdsága miatt különösen alkalmassá teszi a faanyagot tartószerkezetek gyártására. Ezeknek a teherhordó termékeknek a gyártását csak szigorú előírások betartása mellett, jó technológiai felkészültségű üzemekben lehet végezni.

- Két- és háromrétegű ragasztott tartók,
- Beforgatott szelvényű tartók,
- Rétegelt ragasztott tartók.

2.4.1. Két- és háromrétegű ragasztott tartók

A két és háromrétegű ragasztott tartókat kisebb fesztávú födémeknél és hosszabb gerendáknál alkalmazunk, kizárólag beltérben.

2.4.2. Beforgatott szelvényű tartók

A beforgatott szelvényű tartók a viszonylag kisméretű hengeres anyag minél magasabb értékű hasznosításának céljából jött létre. Gyártásának lényege, hogy a hengeres anyagot kis mértékben szélezik, majd az anyagot negyedelik és a kapott darabokat összeforgatják úgy, hogy a tompa élek egymás felé nézzenek és így egy négyzetformát kapunk, amely belülről üreges. Az üreg hajlító igénybevétel esetén alig csökkenti a gerenda teherbírását, ezért ebből a szempontjából ideális.

---

[9] Csiha Csilla: *Kiváló minőségű ragasztott kötés létrehozásának feltételei*, Sopron, 2014 szeptember 11. http://docplayer.hu/361699-Kivalo-minosegu-ragasztott-kotes-letrehozasanak-feltetelei.html.

2.4.3. Rétegelt ragasztott tartók

A rétegelt ragasztott tartók képezik a faanyagú tartószerkezetek legnagyobb jelentőségű csoportját. A ragasztott tartók igen széles spektrumát öleli fel a néhány rétegből készített, egyenes tengelyű gerendáktól az igen nagy fesztávolságú, több méter magasságú, íves, változó keresztmetszetű tartókig. A rétegelt ragasztott tartók keresztmetszete leggyakrabban téglalap, de lehet valamilyen egyéb, pl. akár kör keresztmetszetű vagy I szelvényű is. A lamellák rétegezése lehet vízszintes vagy függőleges irányú. Minden esetben elmondható viszont, hogy legalább 3 rétegből állnak, és szerkezetükre, gyártásukra szigorú előírások vonatkoznak.[10]

A tartók méreteire nincsenek előírások. A hossz és keresztmetszeti méreteknek a présgép szélessége, illetve hossza, valamint a szállíthatósági korlátok szabnak határt. A rétegelt ragasztott tartókra felhasználási területük tekintetében három igénybevételi osztályt állapítottak meg:

1. Beltéri klíma: T = 20 °C; 65% relatív páratartalom;
2. Védett kültéri klíma (tető alatt): T = 20 °C; 85% relatív páratartalom;
3. Kültéri klíma.

A fenti igénybevételi osztályoktól függ az alkalmazható ragasztóanyag típusa, az alkalmazható lamella vastagság és keresztmetszeti méretek, az oldal irányú, más néven szélességi toldások ragasztásának az igénye, valamint az egyéb előírások, amelyeket a vonatkozó szabványok tartalmaznak.

Tekintettel arra, hogy a rétegelt ragasztott tartók szinte minden esetben meghaladják a természetes faanyag hosszméretét, általában hossztoldott lamellák alkalmazása szükséges. A magyar szabvány előírásai szerint a tartókeresztmetszet felső és alsó 1/5-ében (a húzott és nyomott övben) ferde lapolás vagy ékcsapos hossztoldás alkalmazása előírt, míg a tartó többi részén elegendő a bütüs illesztés. Az rétegelt ragasztott tartók alakja nagyon sokféle lehet, például:

- Párhuzamos övű, egyenes tartók;
- Változó keresztmetszetű (egyenszilárdságú) tartók;
- Íves tartók (állandó vagy változó keresztmetszetű);
- Részben íves tartók;
- Két irányban íves tartók;
- stb.

Íves tartók esetén a különböző magyar és európai szabványok rendelkeznek a minimális megengedett hajlítási sugárral kapcsolatban. A magyar szabvány előírásai szerint ez I. szilárdsági kategóriájú anyag esetén minimálisan a lamella vastagság 200-szorosa, II. és III. kategória esetén 250-szerese lehet a hajlítási sugár. Íves tartók típusai:

- Egyenes gerincű kompozit tartók,
- Hullámlemez gerincű tartók,
- Nail-web tartók,
- Egyéb I- és kazettás tartók: Nordex stb.

[10] Hantos: i. m.

A farácsos tartókról általában:
A rácsos tartók övelemekből és rács rudakból álló magas, síkbeli tartók. A tartó kialakítása minden esetben úgy történik, hogy az övelemek és rács rudak között minden esetben háromszög alakú mezők alakulnak ki, ez biztosítja a szerkezet statikai merevségét.

A tartó alakját többnyire a funkció és az esztétikai elvárások határozzák meg.

A faanyagú rácsos tartók kapcsolatait ki lehet alakítani szögezéssel, vagy szöglemezes kapcsolattal, csavarozással, betétes kapcsolattal, vagy speciális szerelvények segítségével.

Előnyük az anyagtakarékos kialakítás mellett az esztétika és a viszonylag kis önsúly, azonban hátrányuk a nagy helyigény. Az utóbbi években Magyarországon a farácsos tartók elsősorban a tetőtér beépítés nélküli faházaknál jutnak szerephez és kisebb csarnokok tetőszerkezeteinek tartó szerkezetei.[11]

Típusai:

- DSB tartók,
- Trigonit tartók,
- Vegyes fa-fém anyagú rácsos tartók,
- Virendeel tartók.

2.5. Szerkezetben előforduló hibák

Ebben a kis részben pár magyarországi példát mutatok be az esetlegesen előforduló hibalehetőségekről a rétegelt ragasztott tartókkal kapcsolatban.

Eger, élményfürdő kupola:
Valószínűleg gyártási problémák miatt kivitelezés közben a tartó hossztengelyére merőlegesen összecsavarozták, majd ezt ledugózták, és egy újabb lamellával lefedték.

Hajdúszoboszló, városi uszoda:
Kivitelezés közben évekig lefedés nélkül álló tartók lamellái elváltak egymástól, a tartókat utólagos pántolással látták el, de a végei repedezettek és szétváltak.

Mohács, városi uszoda:
A keretek kifutó lamellásak, de láthatóan jelentős mértékben túlméretezettek.

Kisharsány, református templom tetőszerkezete:
A túlméretezett nyomott oszlopokon egyenletes a feszültség, így alig van repedés, de a szelemenekben – melyek végein jelentős a nyíró igénybevétel – a tartók felrepedtek.

Tapolca városi rendezvénycsarnok:
A kifutó lamellás rész lerepedt a tartóról, a gerincáttörések mentén (amely a szellőző rendszer csövei miatt történt) további bütü felületek alakultak ki a tartón, ahol a bütü jelentősebb párafelvételi hajlama további többlet feszültséget eredményezett.[12]

---

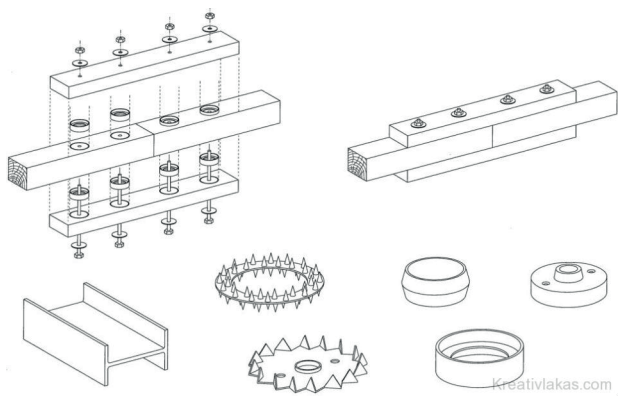
[11] Hantos: i. m.
[12] Bejó László et al.: *Faépítés,* 2007, Nyugat Magyarországi Egyetem, Építéstani Intézet.

3. MÉRNÖKI FAKÖTÉSEK

Az elmúlt évszázadban a gyártási és építési technológiák fejlődésével és a követelmények szigorodásával a hagyományos fakötések elavulttá, korszerűtlenné váltak. Kialakultak a korszerű mérnöki fedélszerkezetek és az ehhez kapcsolódó mérnöki fakötések, más néven méretezett kapcsolatok.[13] A mérnöki fakötések olyan szerkezeti kapcsolatok, amelyeknél a faelemek közötti erőátadás az elemek csatlakozó részeinek számottevő gyengítése nélkül, méretezett kapcsolóelemek közvetítésével történik. A mérnöki fakötéseket minden esetben előzetes statikai méretezés alapján kell megválasztani és kialakítani. Az egyes kapcsolatok méretezései a teljes szerkezetre vonatkozó számítások részeként készülnek. A mérnöki fakötések több szempontból is előnyösek, a különböző kötőelemek a faelemek számottevő gyengítése nélkül beépíthetők.[14]

A korszerű kapcsolatok közé tartoznak a fémbetétes, a csavarozott, a szeglemezes és a szegező lemezes kötések.

A fémbetétes kötések esetén különböző alakú (henger, tárcsa, gyűrű vagy tüskés lemez) betétek az erőátadó elemek. Ilyen mérnöki kötéseket elsősorban gerendák (húzott, nyomott rudak) hossztoldásánál, több faelemből álló hajlított fatartók elemeinek összekapcsolásánál alkalmazhatók.

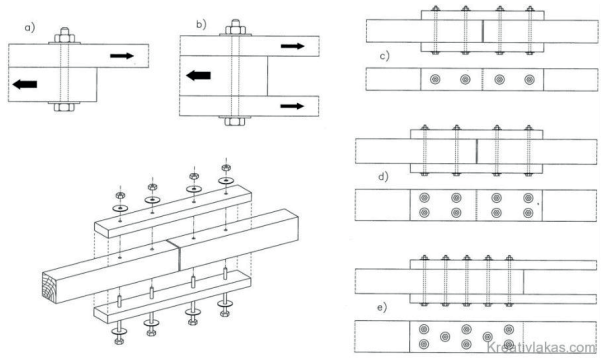


A csavarok karcsú fém rudak, melyek a faelemek teljes keresztmetszetén átmenő furatokban helyezkednek el. A csavarban nyírófeszültség ébred, ezek mértéke függ többek között az erőhatás iránya és a rostirány közötti szög nagyságától is.

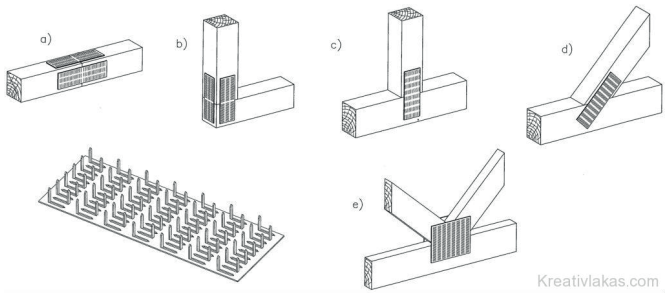
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/faepites-faepites/index.html.

[13] Bejó: i. m.

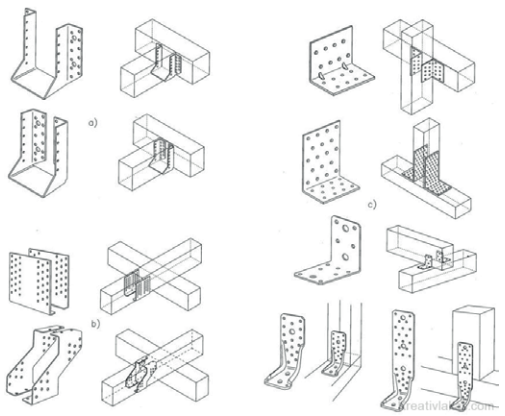
[14] Vanya Csilla: *Javaslatok rétegelt-ragasztott tartók tervezéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez, felmérési és modellezési eredmények alapján*, 2014, Pécsi Tudomány Egyetem, Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar, Pécs.



A szeglemez saját anyagából egy oldalra merőlegesen kihajlított fogazatú (tüskézett) vékony acéllemez. Az erőhatásokat a fogak veszik fel, és a lemez síkján át továbbítva közvetítik a kapcsolódó faelemek között. A teherátadó kapcsolat a szeglemezek kétoldali bepréselésével jön létre.



Szegező lemezes kötés esetén az egymáshoz kapcsolódó faelemek közötti erőátadást az adott kapcsolási helyhez igazodó, méretezett acélprofilok biztosítják. Általában szegekkel, facsavarokkal, esetleg átmenő anyás csavarokkal rögzítik a faelemekhez.



3.1. Ragasztott kötések

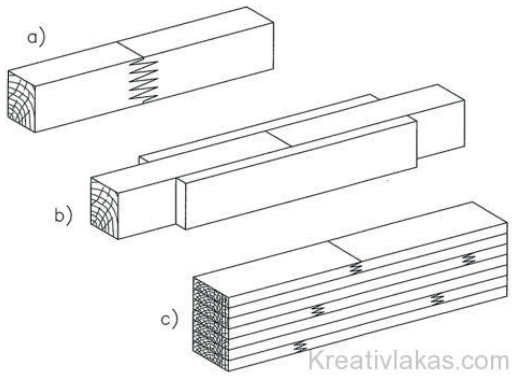
Ragasztott kötés esetén a faelemek közötti erőátadást ragasztóanyaggal bevont, előzetes statikai számítások alapján meghatározott kialakítású, pontosan illeszkedő, csatlakozó felületek biztosítják.

Az illeszkedő felületekre felhordott híg ragasztóanyag az elemek összepréselése során bejut a faanyagokba és megkeményedés után szilárd, „oldhatatlan kapcsolatot hoz létre".[15]

A ragasztott kötések fajtái:

- kétoldali ragasztott hevederekkel összekapcsolt,
- csaphornyos vagy ékhornyos összekapcsolású.

Ragasztott kötés *a) ékhornyos kialakítás; b) hevederes kialakítás; c) rétegelt ragasztott tartó*



A ragasztott kötések erőtani szempontból megbízható, tartós kapcsolatok. Erőátadáskor a ragasztórétegben elsősorban nyírófeszültség keletkezik. Ragasztott kötések kizárólag üzemben készíthetők.

4. FASZERKEZETEK MEGERŐSÍTÉSE ÚJ MÓDSZEREKKEL

Meglévő szerkezetek megerősítése mindig nagy kihívás a szerkezettervezőnek. A tartószerkezet megközelíthetősége általában korlátozott, a terhelések egy része még ideiglenesen sem kiiktatható. Faszerkezetek esetén a megerősítési módszerek meglehetősen korlátozottak. Azonban a betonszerkezetek erősítéséhez egyre gyakrabban alkalmazott szálerősített műgyanták új utakat nyitnak meg a faszerkezetekhez alkalmas megoldásoknak. A szálerősített műanyagok előnye a magas húzószilárdság, az alacsony önsúly, a jól formázható anyag. Egyes szénszálas műanyagok szilárdsága az acélét is megközelíti, míg a sűrűségük csupán

[15] Kóris Kálmán – Bódi István: *Tipikus fa kapcsolatok*, BME Hidak és Szerkezetek Tanszék; 2010.

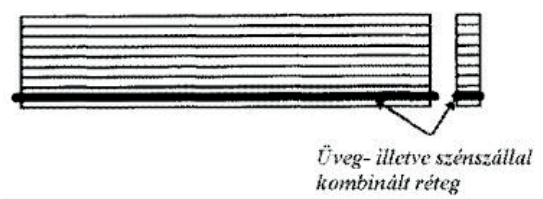
a töredéke annak. A könnyű kezelhetőség és az alakíthatóság nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a műgyantás megerősítés egy hatékony módszernek minősüljön.

Ezt a hátrányát azonban a betétezéssel például szálerősített műgyantarétegekkel csökkenteni lehet. Így hátrányos tulajdonságai leküzdésével a fa még értékesebb és versenyképesebb szerkezeti anyaggá válik.

A műgyantás megerősítés több célt szolgálhat:

1. Homogenizál:
- kompenzálja a fahibák szilárdságcsökkentő hatását,
- erősíti a lamella rétegek hossztoldásait.
2. Gazdaságosabb anyagfelhasználást eredményez:
- gyengébb minőségű faanyagok is felhasználhatók,
3. Csökkenti az alakváltozásokat:
- az eredő rugalmassági modulus megnövekszik,
- feszített szerkezetek létrehozására is alkalmas.
4. Utólagos megerősítésekre is alkalmas:
- tervezési, illetve kivitelezési hibák utólagos javítása,
- funkcióváltozáshoz szükséges többletteherbírás biztosítása.

Az üvegszállal erősített műgyantaréteg elhelyezése a húzott oldalon, a szélső szál közelében a leghatékonyabb (ábra).



A rétegelt fagerendák üvegszálas megerősítésével – az USA-ban és Németországban publikált laboratóriumi és a gyakorlati kísérletek szerint – akár kétszeres teherbírás-növekedést, és nagyjából 20%-os merevség-növekedést lehet elérni.

A technológiát az USA-ban már napi szinten alkalmazzák nagy fesztávú, illetve nagy teherbírású szerkezetek (sportlétesítmények, hidak tartószerkezetei) erősítésére, annak ellenére, hogy a rendszer statikai működése még nem tisztázott.[16]

Véleményem szerint ebbe az irányba kell a faépítésnek fejlődnie és a vasbeton mintájára az üveg és a szénszálon kívül akár még egyéb állóképességet javító anyagokkal is kísérletezni. Valamint a jövőben szükség lenne egy olyan technológia kidolgozására is, ami a lehető legmagasabb előregyárthatósági szintig képes üzemi körülmények között gyártani, mivel ez a réteges szerkezet versenyképes lehet a jövőben.

[16] *Mérnöki fakötések és kötőelemeik*. https://kreativlakas.com/magasepiteszet/mernoki-fakotesek-es-kotoelemeik/, 2014.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bastian, Hans-Werner: *A fa mint alapanyag*, fordította: Gertheis Antal, Cser Kiadó, Budapest, 2004.
- Wittmann Gyula: *Építőipari fa tartószerkezetek gyártása*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- Koselák Zsolt: *A rétegelt ragasztott fa szerkezetek*, Győr, 2008, szakdolgozat, tanszéki konzulens: Kováts Tibor, külső konzulens: Kováts Tibor.
- Csiha Csilla: *Kiváló minőségű ragasztott kötés létrehozásának feltételei*, Sopron, 2014 szeptember 11. http://docplayer.hu/361699-Kivalo-minosegu-ragasztott-kotes-letrehozasanak-feltetelei.html
- Hantos Zoltán: *Faszerkezetek megerősítése*, 2006, Épülettani konferencia, Pécs. http://real.mtak.hu/18079/1/Faipar_54_23_8.pdf
- Hantos Zoltán: *Szerkezet építésre használatos fa és fa alapú anyagok, mérnöki kötőelemek*, Győr, 2016. http://www.mernokkamara-gyor.hu/uploads/files/2016/Tovabbkepzesek/Dr_Hantos_Zolt_n_-_Faanyagok__s_k_t_elemek_-_MMK_Tov_bbk_pz_s.pdf
- Bejó László et al.: *Faépítés*, 2007, Nyugat Magyarországi Egyetem, Építéstani Intézet. https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/faepites-faepites/index.html
- Vanya Csilla: *Javaslatok rétegelt-ragasztott tartók tervezéséhez, gyártásához és üzemeltetéséhez, felmérési és modellezési eredmények alapján*, 2014, Pécsi Tudomány Egyetem, Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar, Pécs.
- Kóris Kálmán – Bódi István: *Tipikus fa kapcsolatok*, BME Hidak és Szerkezetek Tanszék; 2010.
- *Mérnöki fakötések és kötőelemeik*. https://kreativlakas.com/magasepiteszet/mernoki-fakotesek-es-kotoelemeik/, 2014.