

Fűrészáru szilárdság szerint történő osztályozása és gyakorlati alkalmazása – II. rész

Divós Ferenc, Csóka Levente, Szalai László, Gyenizse Péter^{*}

Practical application of strength-based classification of lumber. – Part 2.

The first part of this paper introduced a new device to collect the information necessary for the nondestructive classification of lumber according to MSZ-EN 338, and discussed the theoretical considerations behind this method. The second part of the article describes the experiences gained through practical application of the device. The paper discusses the effectiveness of the method based on the results of an investigation off Austrian beech material, and describes the construction of a wooden dome from nondestructively tested timber.

Bevezetés

Az előző részben bemutattuk a fűrészáru szilárdság szerint történő osztályozásának egyik módját, mely a dinamikus rugalmassági modulusz meghatározásán és a sűrűség mérésén alapszik. Ebben a részben alkalmazási példaként bükk rétegelt ragasztott tartók lamelláinak és az egyetemi fakupola szibériai vörösfenyő alapanyagának osztályozását ismertetjük.

Graz-i Műszaki Egyetem bükk lamelláinak vizsgálata

2002 áprilisában a Graz-i Műszaki Egyetem frissen felavatott új fa- és betonszerkezet-vizsgáló csarnokában vizsgáltunk meg 629 db bükk lamellát, melyet később rétegelt ragasztott tartó kísérleti gyártásra használnak fel. A tartók gyártására és vizsgálatára Hamburgban kerül sor. Az osztályozásra mintegy 6 óra alatt sor került, az osztályozás egy mozzanatát szemlélteti az **1. ábra**.



1. ábra – Bükk lamellák osztályozása a Graz-i Műszaki Egyetemen.

Az eredmények értékelését megkönnyítette, hogy a berendezés minden mért adatot lemezzel rögzített. A viszonylag magas mintaszám lehetővé tette az MSZ-EN-338 szabvány kritérium rendszerének alkalmazását és bizonyos értékelését. Az **1. táblázatban** az adott sűrűség és a rugalmassági modulusz csoportokba tartozó lamellák számát adtuk meg, és a szabvány szerinti szilárdsági osztályt.

A **2. táblázat** tanulsága szerint a megvizsgált 629 darab lamella esetében a lamellák 18%-ában volt kiegyenlített a sűrűség és a rugalmassági modulusz alapján meghatározott szilárdsági osztály, vagyis mindkét kritérium azonos osztályra mutatott. Az esetek 80 %-ában a sűrűség korlátozott, a rugalmassági modulusz alapján magasabb osztályba tartozhatna a lamella. Mindössze az esetek 2%-ában korlátozott a rugalmassági modulusz, vagyis a sűrűség alapján magasabb osztályba tartozhatna a vizsgált lamella. A vizsgálatok 98%-ában csupán a sűrűség méréssel helyes osztályt tudtunk volna megállapítani. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az MSZ-EN 338 szabványban rögzített kategóriák nem szerencsések a bükk osztályozására, legalább is a különböző osztrák termőhelyről származó bükk esetében biztosan nem. Nem az a gond, hogy 82%-ban a kétféle kritérium eltérő döntést ad, hanem az, hogy az esetek 80%-ában a sűrűség korlátozott, így a magasabb rugalmassági moduluszsal rendelkező anyagban feltehetően rejlő szilárdsági tartalékot nem lehet kihasználni. Megkockáztat-

^{*} Dr. Divós Ferenc CSc., egy. docens, Csóka Levente okl. faipari mérnök, Szalai László doktorandusz hallgató, NyME Fa- és Papírtechnológiai Intézet, Roncsolásmentes Faanyagvizsgáló Laboratórium; Gyenizse Péter okl. faipari mérnök, Rakodólap üzem, Rajka.

1. táblázat: Lamellák darabszáma a sűrűség- és a rugalmassági modulusz csoportoknak megfelelően és a megfelelő szilárdsági osztály (D30-D50).

| Rugalmassági modulusz (GPa) | <10 | | 10-11 | | 11-14 | | 14-17 | | 17-20 | |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | db | oszt. | db | oszt. | db | oszt. | db | oszt. | db | oszt. |
| Sűrűség (kg/m ³) | | | | | | | | | | |
| <640 | 11 | - | 56 | - | 1 | - | 0 | - | 0 | - |
| 640-670 | 1 | - | 4 | D30 | 59 | D30 | 24 | D30 | 1 | D30 |
| 670-700 | 2 | - | 2 | D35 | 72 | D35 | 65 | D35 | 6 | D35 |
| 700-780 | 3 | - | 2 | D35 | 76 | D40 | 179 | D40 | 24 | D40 |
| 780-840 | 0 | - | 1 | D35 | 7 | D40 | 20 | D50 | 13 | D50 |

2. táblázat: Az MSZ-EN-338 szabvány kritérium rendszerének értékelésére felállított táblázat.

| | ρ és E alapján magasabb osztályba tartozna | ρ | E |
|------------------|--|--------|-----|
| Osztályon kívüli | 11 | 6 | 57 |
| D30 | 4 | - | 84 |
| D35 | 2 | 3 | 143 |
| D40 | 76 | 7 | 203 |
| D50 | 20 | - | 13 |

ható, hogy a bükk esetén a 338-as szabvány alkalmazása gazdaságtalan. Ehhez azonban Európa több termőhelyéről származó bükk anyag vizsgálata lenne szükséges. Kérdés, hogy az egyéb lombos fák esetében mi a helyzet?

Fakupola a Nyugat-Magyarországi Egyetemen

Elhatároztuk, hogy egy látványos faszerkezet példáján bemutatjuk, hogy a szilárdság szerinti osztályozás – megfelelő minőség esetén – lehetővé teszi a szokásos faanyag keresztmetszetek csökkentését, ezáltal a felhasznált faanyag mennyiségének csökkentését, kecses faszerkezetek létrehozását.

Számos lehetőség közül egy geodetikus szerkezetet választottunk. A gömbszelet sugarát 5,7 m-ben, magasságát 3 m-ben határoztuk meg. A gömb lefedését háromszög ráccsal oldottuk meg. Mivel egyforma rudakkal ez a feladat nem oldható meg, célul tűzték ki, hogy közel azonos rúd hosszakat lehessen alkalmazni. A csomópontok koordinátáinak meghatározását a következő elvek vezérelték:

- a csomópontok a gömbön helyezkedjenek el,
- egy csomópontba 6 rúd fusson össze,

- a rudak hossza körülbelül 150 cm legyen,
- maximum 5 eltérő hossz méret szerepeljen.

A feladatnak több megoldása van. Egy lehetséges megoldást, egyszerű koordináta-geometriai számításokkal határoztunk meg.

A kupola terveit Bárti Károly építő mérnök és Divós Ferenc fizikus vezetésével Gyenizse Péter okl. faipari mérnök és Szabó Péter építész készítette egy diplomaterv keretében. A kivitelezést megelőzően elkészült a szerkezet 1:5-ös makettje. A formai kialakításban az a cél vezérelte a tervezőket, hogy minél egyszerűbben kialakítható, de mégis esztétikus látványt nyújtó szerkezet kerüljön megvalósításra. A végleges szerkezet egy hatszög alaprajzú gömbhéj süveg, amely hatszor három lábbal kapcsolódik a talajhoz. A tervezéskor az elsőrendű szempont az volt, hogy minél kisebb legyen a felhasznált anyag és a lefedett terület aránya. A fajlagos faanyag felhasználást 0,011 m³/m²-re sikerült leszorítani, ami rendkívül kedvező érték. Ez annyit jelent, hogy 0,7 m³ faanyag alkotja a rácsszerkezetet, ami 65 m²-t fed be.

A csomópontok kialakításánál az egyik fontos szempont az volt, hogy minél kevesebbet takarjon el a fából a fém kötőelem. A másik szempont, hogy oldható kötéssel legyenek egymáshoz kötve a rudak. A csomópont – a befutó rudak számának megfelelő számú – kapcsoló lemezből, egy belül kúpos fém "csészéből", és egy fedélből áll. Szétcsúszás ellen egy közepén átmenő csavar tartja össze a szerkezetet. Mindegyik fém elem egy alapozó és egy fedő festékréteggel van ellátva. Az építészeti tervek készítésével párhuzamosan folyt a statikai tervezés. A terhelések meghatározása után, amelyek jelen esetben önsúly, szél és

3.táblázat: A mérési adatok összesítése szilárdsági kategóriánként

| | Szilárdsági kategóriák az MSZ EN 338 szerint | | | | | | |
|---------------------------|--|-----------|-----------|------------|-----------|---------|---------|
| | C40 | C35 | C30 | C24 | C22 | C18 | C16 |
| rácsrudak (db / %) | 22 / 27,5 | 14 / 17,5 | 18 / 22,5 | 13 / 16,25 | 9 / 11,25 | 4 / 5 | 0 / 0 |
| lábak (db / %) | 7 / 38,9 | 3 / 16,7 | 3 / 16,7 | 3 / 16,7 | 0 | 1 / 5,5 | 1 / 5,5 |

hóteher voltak, az igénybevételeket egy rúdszerkezet tervező program segítségével számítottuk ki. Ezek az igénybevételek határozták meg a szerkezeti elemek méreteit. Ellenőrző számításokat a Prágai Műszaki Egyetemen Dr. Petr Kuklik professzor végzett.

Az engedélyezési terv 2000 februárjában került beadásra. A kupola tényleges megvalósítása június első hetében kezdődött az alapok pontos kitűzésével, amit a Nyugat-Magyarországi Egyetem Földmérési és Távérzékelési Tanszékéről Kovács Gyula egyetemi adjunktus végzett el. A kivitelezés 2000. június 14-én indult be. Ekkor kerültek kiadásra az alapok és készültek el a beton alaptestek a lábakat rögzítő vasalatokkal.

A következő lépés a rudak és a lábak elkészítése volt. A rendelkezésre álló alapanyag szibériai vörösfenyő volt, amelynek nedvességtartalma 15 - 20% közt ingadozott. A lábanyag 105x105 mm-es, a rúdanyag 50x100 mm-es keresztmetszeti méretben állt rendelkezésre. Mind a két fajta anyag 4 m hosszú volt. Az osztályozás során mindegyik darab kapott egy sorszámot a későbbi azonosítás végett. A **3. táblázat** egy összesítést tartalmaz, amely megmutatja, hogy hány darab fűrészáru esik az egyes szilárdsági kategóriákba. Az első szám darabot jelöl, a második pedig azt mutatja, hogy ez hány százaléka az egész mennyiségnek. Elmondható, hogy a C30 és a felette elhelyezkedő kategóriák megfelelnek az MSZ 15025 szerinti 0. és 1. szilárdsági kategóriának (Divós 1993). Az általunk előírt C30-as minőséget figyelembe véve az összes mennyiség 67,5%-a, több mint 2/3-a felelt meg.

Az osztályozás után a rudak és a lábak kialakítása az Egyetem Tanműhelyében, nyári gyakorlat keretében történt.

Ezután következett a szerkezet felállítása. A sorszámok alapján kerültek a rudak elhelyezésre a szerkezeten belül. Az összeállítás a földön kezdődött. Három láb és a felettük elhelyezkedő két háromszöget szereltük elsőként össze

és állítottuk a helyére. A stabilitást ideiglenes támaszok biztosították. A lábak ekkor még nem kerültek rögzítésre, csak egy pillanatszorító tartotta össze őket az alapbetonból kiálló vasalattal. A következő lépés még egy ilyen rész összeszerelése és helyére állítása volt. Ezután a két szerkezeti rész összeépítése történt. A további építés ezen szisztéma alapján folytatódott. Mire az összeállítás körbeért az ideiglenes támaszokra már nem volt szükség. A továbbiakban sem történt változás az építésben. Az elemek a földön kerültek összeszerelésre, majd következett a helyükre rögzítés. Minél több rúd került a helyére annál merevebb lett a szerkezet, és annál jobban kezdte felvenni a végleges formáját. Ez megkönnyítette a földön összeállított részek beillesztését. Mivel mindegyik csomópontot meg kellett bontani mikor egy újabb rúd csatlakozott bele, ezért a csavar oldása előtt a már beépített rudakat rögzíteni kellett a csomópontból való kicsúszás ellen. A rögzítést pillanatszorítókkal oldottuk meg. A pontos tervezésnek és kivitelezésnek köszönhetően a csúcsban az utolsó hat rúd helyére kerülése után a rudak végei pontosan találkoztak. Így erőfeszítés nélkül kerülhetett a helyére az utolsó rögzítő gyűrű és csavar is.

Mikor a szerkezet teljesen elkészült, akkor következett a lábak rögzítése. A három lábat két darab, mind-két végén csavaranyával ellátott rúd rögzíti egy-máshoz (**2. ábra**) és az alaptest vasalatához. Az oldalsó támasztó lábakat a helyszínen lettek fűrtük ki. Az összeállítás 8 embernek két fél napját vette igénybe.

A kész kupola (**3. ábra**) világos tölgy színű lazúros védőkezelést kapott az időjárás viszontagságai ellen. A borítás teherhordó részét 18 mm vastagságú OSB-lap alkotja. A lapok faforgácslapcsavarokkal vannak a rudakhoz rögzítve. Az OSB-lapok méretre vágása és felrögzítése hat ember két napjába tellett. A kupola vízzárását bitumenes zsindeley biztosítja. A csúcsban lévő hat háromszög átlátszó műanyag borítást kapott. A szerkezet által lefedett



2. ábra - Egy csomópont közlelről.



3. ábra – A háromszög rácsszerkezet burkolás előtt.



4. ábra – A Szent József kupola avatása.

terület homok feltöltés után kavicsal borított betonlap burkolatot kapott. A járófelülettel ellátott teljes hasznos terület 80 m^2 , ami rendezvények alkalmával 80-100 ember kényelmes elhelyezését teszi lehetővé. Ezt jól bizonyította a 12. Nemzetközi Roncsolásmentes Konferen-

cián a résztvevőknek itt megszervezett Gulyásparti is.

A kupola megvalósítását az Egyetemen sokan támogatták, segítették. A nevek felsorolása helyett csupán a tanszékeket, szervezeti egységeket soroljuk fel: Építéstani Tanszék, Műszaki Mechanika és Tartószerkezeti Intézet, Lemezipari Tanszék, Pályázati Iroda, Földmérési és Távérzékelési Tanszék, Fizika Intézet, Faipari Tanműhely, Karbantartó Műhely.

A kupola avatására 2000. szeptember 28-án került sor. Dr. Winkler András intézetigazgató avató és névadó beszédében utalt a nagyszerű összefogásra és a kupolát Szent Józsefről az ácsról - a faiparosok védőszentjéről - nevezte el (4. ábra)

A kupola sikeres megvalósítása remélhetően hozzájárul a szilárdság szerint osztályozott fűrészáru hazai felhasználásának elősegítéséhez, ezen keresztül pedig a takarékos és hatékony faanyagfelhasználáshoz. A megvalósítást támogatták: Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Balaton Bútorgyár Rt. Veszprém, ERDÉRT Rt. Tuzséri Fűrészüzem, Interspán Faipari Kft, Vásárosnamény.

Összefoglalás

Osztályozó berendezésünket több esetben kipróbáltuk a gyakorlatban. Megvizsgáltunk 629 darab, rétegelt ragasztott tartó gyártására készített bükk lamellát. Az MSZ-EN-338 szabvány szerint azt tapasztaltuk, hogy az esetek 98%-ában a mért sűrűség adatok határozták meg a lamella a szilárdsági osztályát. Megállapítható, hogy az osztályozási kritérium rendszer bükkre nem kiegyensúlyozott.

Az osztályozási módszer eredményességét jól mutatja, hogy az így osztályozott faanyagból épült fakupola már két éve dacol széllel és hóval.

Irodalomjegyzék

1. MSZ-EN 338:1999. *Szerkezeti faanyag szilárdsági osztályok*. 7 old.
2. Divós F. 1993. *Fenyő faanyagok roncsolásmentes vizsgálata*. Kandidátusi értekezés, Sopron