

Teherviselő faszerkezet csavaros kapcsolatának tervezési tapasztalatai az európai előírások szerint

Joó Balázs ✦

Designing bolted connections according to European standards

The subject of the article is the strength design of a bolted connection of a load bearing wood structure, using the Hungarian and the European standards. First we calculated the dimensions according to the Hungarian standard. We also designed it based on the European standard. Additionally we performed stress analysis using the finite element method. According to the calculations, the load carrying capacity of the connection did not fulfil the requirements. This was confirmed by finite element analysis. The finite element method, that makes numerical experimentation possible, is a useful tool for designing connections.

Key words: Wood construction, Strength design, Standards, Eurocode, Finite Element Method

Bevezetés

A dolgozat témája favázás hallgatói kollégium tartószerkezeti tervezése és méretezése a magyar és az európai szabványok szerint. Célunk a bevezetendő uniós és a hatályos magyar szabványok összehasonlítása egy favázás hallgatói kollégium tartószerkezeti csomópontjának méretezésén keresztül. A tervezést mindkét szabvány szerint elkészítettük. Végeselem módszerrel elvégeztük a csavaros kapcsolat feszültséganalízisét is. Végül a két rendszer összehasonlítását, és a levonható következtetéseket ismertettük.

A magyar és az európai szabványok

Magyarország jelenlegi integrációs törekvései alapján az Európai-uniós csatlakozás a közeljövőben várható. Ez a folyamat jelentős változásokat hoz magával a tartószerkezet-tervezés területén is; e mérnöki tevékenységet is uniós előírások szerint kell bonyolítani.

Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) 1990-ben az épületek tervezésére vonatkozó harmonizált szabványokat dolgozott ki. Ez kezdetben az egyes tagállamokban alternatív tartószerkezeti szabványként funkcionálna, később azok helyére lépne. A tagállamok a saját országukra vonatkozólag elkészítik a Nemzeti Alkalmazási Dokumentumot (NAD), amelynek feladata, hogy hatósági úton biztosítsa a szabvány területi érvényességét, illetve megkönnyít-

se annak értelmezését. Ezeket az európai szabvánnyal együtt kell használni.

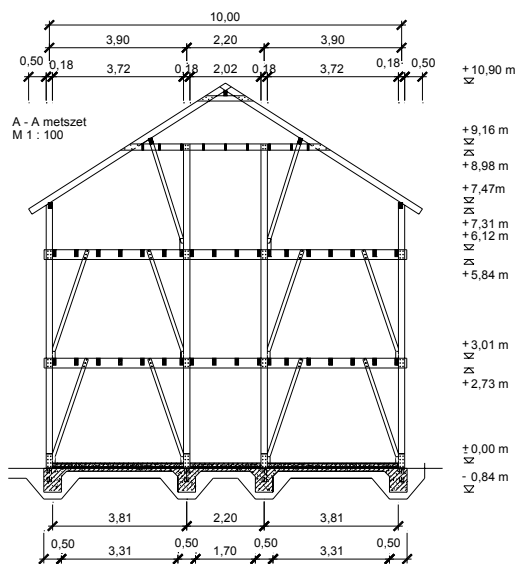
Magyarország a CEN tagja szeretne lenni, ezért a csatlakozáshoz szükséges feltételeket biztosítani kell. Formálisan hatályba léptették az összes fontos EC-ot honosított európai szabványtervezetként, és a tartószerkezet-tervezési szabványok kötelező jellege megszűnik. Ezen kívül természetesen még számos feltételnek kell eleget tennünk.

Továbbra is előírt követelmény, hogy „A tervező felelős a) az építészeti-műszaki tervezésre vonatkozó minőségi, biztonsági és szakmai szabályok, építési előírások betartásáért, továbbá b) az általa készített építészeti-műszaki tervek szakszerűségéért.” (MSZ 15025/1-1989) Ezen túl a tervezés alapjául szolgáló követelményekben a tervező és a megbízó megállapodnak (Wittmann 2000).

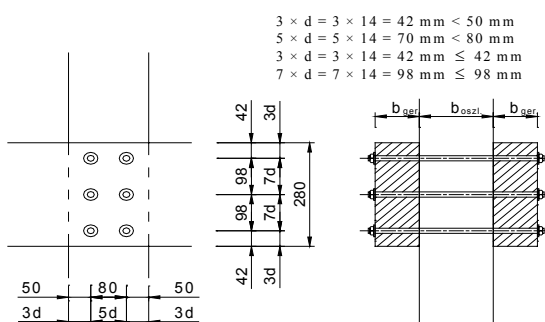
A diákszálló alaprajzának, méreteinek és szerkezetének ismertetése

Egy favázás hallgatói diákokotthon szerkezeti tervezésével foglalkoztunk. Az épület két-szintes, a tetőtér beépítés faszerkezetű, funkcióját tekintve diákszálló, 24 szobás, és 48 férőhelyes. A hasznos alapterület megközelítőleg 800 m² (**1. ábra**). Az alaprajzi elrendezést, a rétegrendet és az építészeti megoldást szakirodalom alapján terveztük meg, a tartószerkezet anyagát és formáját pedig szerkezettervezési

Joó Balázs doktorandusz hallgató, NyME Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet



1. ábra – A diákszálló függőleges metszete



2. ábra. – A kapcsolat kialakítása

tapasztalatok alapján határoztuk meg (Rónai és Somfalvi 1982).

Méretezés a magyar szabvány szerint

A méretezést a magyar teher-, fa tartó szerkezeti-, és anyagszabvány szerint végeztük el. A statikai számítás során a valóságot legjobban megközelítő statikai modellt vettük fel, a mérnöki rugalmasságtan alapelveivel összhangban. A tartószerkezet anyaga LVL (laminated veneer lumber), hámozott furnérlemezekből ragasztott tartószerkezeti anyag. Paramétereinek meghatározásában a forgalmazó cég (Baillou Kft., Biatorbágy) volt segítségünkre.

A teherelemzést, a terhelési esetek és a teherszabványok szerint végeztük el. A szerkezetek súlyát térfogatuk és sűrűségük alapján határoztuk meg. A hasznos és meteorológiai terhek felvételénél a szabvány ide vonatkozó előírásai alapján jártunk el (Massányi és Dulácska 1989).

A csavaros kapcsolat számítása során az igénybevételi ábrákról olvasható le a kapcsolat igénybevétele ($N_M = 64,320 \text{ kN}$). Ezt az értéket kell összehasonlítani a kapcsolat határ teherbírásával ($N_H = 73,785 \text{ kN}$), mely alapján a kapcsolat teherbírásra megfelel. A kapcsolat megfelel továbbá a magyar szabványban leírt szerkesztési szabályoknak is (2. ábra).

Méretezés az európai szabványok szerint

Az előzőekhez hasonlóan a diákszálló építészeti-, műszaki dokumentációjából kiindulva végeztük el a statikai számítást. A rúdszerkezet igénybevételi ábrájáról meghatározható a kapcsolatra jutó igénybevétel szélső értéke, és azt hasonlítottuk össze a kapcsolatra jellemző teherbírással. A méretezés során azt kell ellenőrizni, hogy a teherbírási határállapotban a tervezési hatások nem haladják-e meg a szerkezet tervezési ellenállását. Statikai modell építése az előzőeknek megfelelően történt, lényeges változtatásra nem volt szükség.

A főállás anyaga a korábban is alkalmazott KERTO-S LVL, melynek elvégezték az európai szabvány szerinti anyagvizsgálatát, így a jellemző szilárdsági értékeket a forgalmazó cég a rendelkezésünkre tudta bocsátani. A karakterisztikus értékeket a tervezéshez módosítani kell az

$$X_t = k_m \frac{X_k}{\gamma_b}, \quad [1]$$

ahol

X_t, X_k - tervezési és karakterisztikus jellemző
 k_m - módosítási tényező
 γ_b - biztonsági tényező

általános összefüggés szerint.

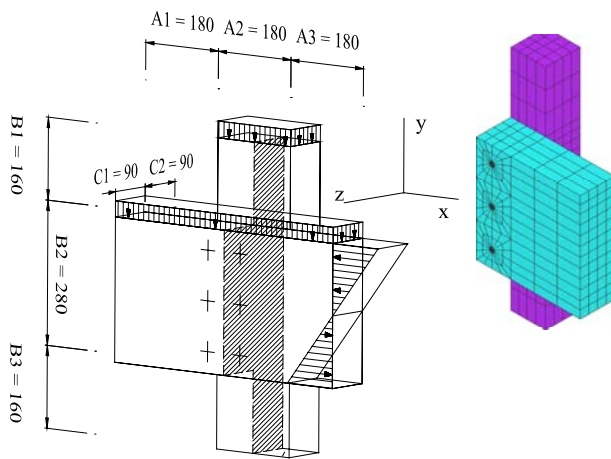
A terheket időbeli változásuk alapján csoportosították, hasonlóan a magyar szabványhoz. A terheket kombinációs szabály szerint kell egyidejűleg figyelembe venni, az egyes hatások pedig az

$$F_t = \gamma_b \cdot F_k, \quad [2]$$

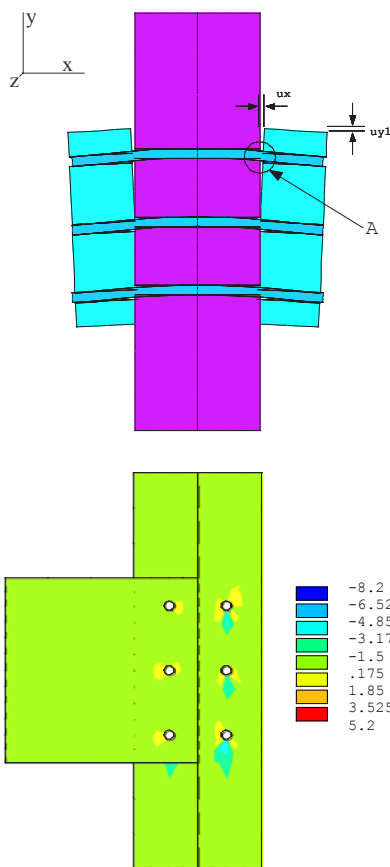
ahol

F_b, F_k - terhelési és karakterisztikus hatás
 γ_b - biztonsági tényező

összefüggés alapján módosulnak.



3. ábra. – A kapcsolat mechanikai és végelem modellje



4. ábra. – Az érintkezési feladat eredménye

Tartós és átmeneti állapotban a parciális biztonsági tényezőket behelyettesítve az alábbi kombinációs szabályt kell alkalmazni az egyes teher típusok kombinálására:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_1 + \sum_{i=2}^n 1,5 \cdot \Psi_i \cdot Q_i, \quad [3]$$

ahol

- G -állandó hatás
- Q -eseti hatás
- Ψ -representatív együttható

Az önsúly megállapításakor a tartó geometriai adatainak és sűrűségének karakterisztikus értékéből indultunk ki.

A hasznos és a meteorológiai terhek megállapítása az európai előírások szerint történt. A hasznos teher karakterisztikus értéke lakóépületek födémterületeire $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$. A felszíni hőteher karakterisztikus értéke a Dunántúl térségében $s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$. A szélteher megállapításakor a lehető legtöbb egyszerűsítést figyelembe véve kaptunk $0,3875 \text{ kN/m}^2$ értéket, melyet még a külső nyomási tényezőkkel kell módosítani. A statikai rendszer, a terhek és a geometria ismeretében az igénybevételek az előzőekkel összhangban meghatározhatók.

A kapcsolatra jutó igénybevétel nagysága $S_d = 79,378 \text{ kN}$, míg a kapcsolatra számított maximális teherbírási szint $R_d = 50,22 \text{ kN}$, tehát a kapcsolat teherbírása nem volt kielégítő. A kapcsolatra vonatkozó szerkesztési szabályokat sem teljesíti maradéktalanul a szerkezet.

A kritikus kapcsolat viselkedésének elemzése végelem-módszerrel

Az előzőekben vázolt kapcsolatot végelem módszerrel elemeztük. A vizsgálat tulajdonképpen egy érintkezési (kontakt) feladat, mely nemlineáris számítási eljárást igényel (3. ábra).

A szerkezet elemzéséhez szükségünk volt mechanikai és végelem modellre. Kihhasználva a geometria és a terhek szimmetriáját, az elmesztett tartórészekben az igénybevételi ábrának megfelelő hatásokat működtetjük.

A végelem modell a testmodellre épülő matematikai modell, melynek megjelenési formája az elembeosztás. A faanyag anyagtörvénye ortotrop, lineárisan rugalmas, a csavar homogén és izotrop. A két anyag között a számításhoz szükséges kontaktelemekeket definiáltuk. Az egymástól független rugalmas állandókat (9. technikai állandó) az LVL anyag esetében részben a gyártó cég garantálta, részben pedig szakirodalom alapján vettük fel. A nyugalmi súrlódási együttható a csap és az LVL anyag között $\mu = 0,6$. A megoldás során több egyszerűsítést is alkalmaztunk. A rendszer szabadság-

foka, vagyis a csomópontok szabad elmozdulása 9072 (Fodor 2000, Szalai 1994).

A végeredmény szempontjából legfontosabb eredményt a megváltozott tartóalak jelenti. A jellemző elmozdulások a **4. ábra** alapján $u_x = 0,441$ mm, $u_{yI} = 0,821$ mm.

A feszültségelemzést elvégeztük húzó és nyomó normálfeszültségek valamint nyírófeszültségek esetében is. A kapott értékeket összehasonlítva a tervezési szilárdságokkal megállapítható, hogy a tervezési feszültségek és a valóságban kialakuló feszültségviszonyok közel állnak egymáshoz, de a rostra merőleges húzófeszültségek az oszlop esetében meghaladták az Eurocode által előírt tervezési szilárdságot. A keletkező nyírófeszültségek nem okozzák a méretezési határállapot átlépését. A feszültségek számszerű értékei:

- Rosttal párhuzamos nyomófeszültség:
 $8,2 \text{ N/mm}^2 < 17,54 \text{ N/mm}^2$
- Rostra merőleges nyomófeszültség:
 $1,69 \text{ N/mm}^2 < 3,23 \text{ N/mm}^2$
- Rosttal párhuzamos húzófeszültség:
 $5,2 \text{ N/mm}^2 < 17,54 \text{ N/mm}^2$
- Rostra merőleges húzófeszültség:
 $1,29 \text{ N/mm}^2 > 0,37 \text{ N/mm}^2$
- Nyírófeszültség:
 $1,0 \text{ N/mm}^2 < 1,85 \text{ N/mm}^2$

A tervezés tapasztalatai, a szabványrendszerek összehasonlítása

A két tervezési rendszert a szerkezeti ellenállás és az igénybevétel mértéke szerint hasonlítjuk össze. A ellenállás oldalról közelítve, az anyagminőség megítélésében nagy segítségünkre volt, hogy az alapanyagot gyártó cég az LVL minősítését mindkét szabvány szerint elvégezte. Az LVL anyag határfeszültségei (MSZ) és a szilárdságok karakterisztikus (EC5) értékei ismertek, és mindkét esetben kiemelkedők a tömörfához viszonyítva. A kapcsolat teherbírására vonatkozó összefüggések alkalmazásakor kiderült, hogy a magyar szabvány szerint közel 90 %-os kihasználtságú kapcsolat az új előírásoknak nem felelt meg, a tervezési igénybevételek a kapcsolat teherbírását 60 %-kal túllépték.

A kapcsolat ellenőrzését végeसेlem-módszerrel végeztük el. A numerikus számítás ered-

ményeképpen megállapítottuk, hogy a kapcsolat valóban nem felel meg az új előírásnak. A faanyagra jellemző kis értékű rostra merőleges húzószilárdságot a tényleges feszültség túllépte. A kapcsolóelemek a teherviselésben közel azonos mértékben vesznek részt.

A szerkezet igénybevételének oldaláról közelítve, még a problémát, az önsúlyban lényeges eltérés nem található, az átlagos 10 % emelkedés a magasabb biztonsági tényezőnek tudható be. A hasznos teher esetében a karakterisztikus érték és a biztonsági tényező is magasabb volt. A meteorológiai terhek meghatározásakor több tényezőt kellett figyelembe venni az új szabvány szerint. Hóteher esetében a Dunántúlon 25%-kal magasabb érték figyelembevétele szükséges a NAD szerint. A magasabb biztonsági tényezőkkel együtt mintegy 80%-kal nagyobb hóteher alakult ki, mint az MSZ szerint. A szélhatás vonatkozásában a differenciált számítás mindkét esetben jellemző.

A teherbírasi és a terhelési oldal összevetésével megállapítható az európai szabványokról, hogy a szerkezet elemeinek kihasználtsága általában nőtt, a megnövekedett igénybevételeknek pedig a kapcsolat már nem felelt meg. Általánosságban elmondható, hogy a mértékadó jellemzők az új szabványok esetében kis mértékben növekedtek, a határjellemzők pedig kisebb-nagyobb mértékben csökkentek. A két rendszert összehasonlítva a következő legfontosabb következtetéseket lehet végeredményként levonni:

- A differenciáltabb tervezési rendszerben (EC) a teherbírasi és terhelési oldal változásai hatással voltak a szerkezet kihasználtságára.
- A kapcsolat teherbírasi az európai előírásnak nem felelt meg.
- Az európai szabvány nagyobb tervezői szabadságot enged meg, ugyanakkor felelősségteljes mérnöki munkát igényel.

Irodalomjegyzék

1. Fodor T. 2000 *Tartószerkezetek II. elmélete és számítása. Bevezetés a végeसेlem-módszer elméletébe.* Kézirat, Sopron
2. Massányi T., Dulácska E. 1989 *Statikusok kézikönyve.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest
3. Rónai F., Somfalvi Gy. 1982 *Fa tartószerkezetek.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest

4. Szalai J. 1994 *A faanyag és faalapú anyagok anizotróp rugalmasság-, és szilárdságtana.* Hillebrand Nyomda Kft.Sopron
5. Wittmann Gy. 2000 *Mérnöki faszerkezetek I.* Mezőgazdasági Szaktudás Kiad, Budapest
6. MSZ ENV 1995-1-1:2000, EUROCODE 5 – *Faszerkezetek tervezése*
7. MSZ 15025/1 1989 *Építmények teherhordó faszerkezeteinek erőtani tervezése.*

Néhány nyárfajta faanyag-tulajdonságának összefoglaló jellegű ismertetése. 2.rész

Babos Károly, Zsombor Ferenc *

Various properties of some poplar variants' xylem. Part 2.

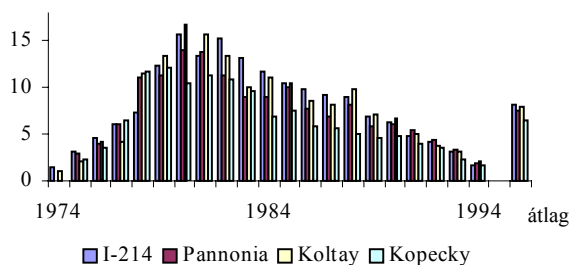
The investigation described in this paper included five *Populus x euramericana* variants that are currently being used in Hungarian short-rotation plantations. The wood originated from four sites with different soil and climatic conditions. Assessed properties included bark, hardwood and sapwood thickness, annual ring width, fibre length, wood density and bending strength. The first part of the article described the experimental materials and methods, and the results of the thickness measurements. The second part contains the rest of the experimental results and concludes the article

Key words: Poplar, clones, Wood properties

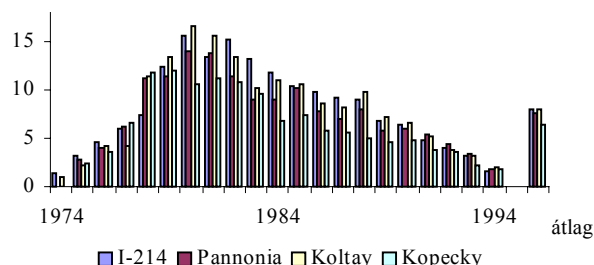
Az előző számban megjelent cikk folytatásaként a vizsgált nyárfajták faanyag-tulajdonságának összefoglaló jellegű ismertetése következik.

A vizsgált nyárfajták évgyűrűszélessége

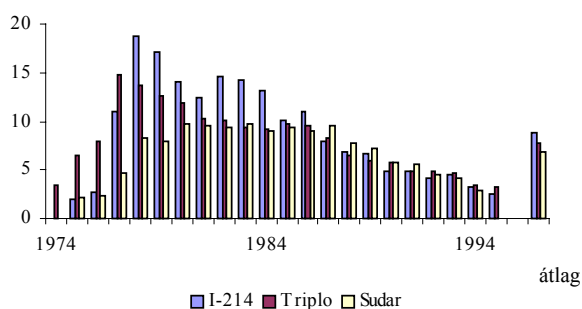
A Szolnok – Alcsisziget 14A erdőterületen mért évgyűrűszélességi értékeket az **1. ábra** összegzi.



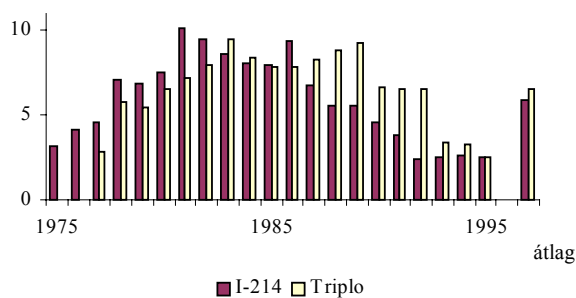
1. ábra – A Szolnok – Alcsisziget 14A erdőrészletben mért évgyűrűszélességek (mm)



3. ábra – A Balkány 25E erdőrészletben mért évgyűrűszélességek (mm)



2. ábra – A Gyula – Doboz 6E erdőrészletben mért évgyűrűszélességek (mm)



4. ábra – A Pásztó 28A erdőrészletben mért évgyűrűszélességek (mm)

* Dr. Babos Károly CSc., egy. docens, ELTE Növényismereti Tanszék, Dr. Zsombori Ferenc osztályvezető, OMMI