

A hőátbocsátási tényezők számítása egy fa bordavázás épület esetén II.

HANTOS Zoltán¹, KARÁCSONYI Zsolt²

¹ NymE, FMK, Építéstan Intézet

² NymE, FMK, Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet

Kivonat

2006. szeptember 1-én hazánkban is életbe lépett az új épületenergetikai szabályozás. A számítási eljárás során az épület valamennyi külső és fűtetlen tértől elválasztó szerkezetét külön-külön méretezni kell hőtechnikai szempontok szerint. A térelhatároló szerkezetek hőátbocsátó képességének a rendeletben előírt határérték alatt kell maradnia. A hőátbocsátó képesség jellemzésére a hőátbocsátási tényezőt használjuk. A hőátbocsátási tényező értékének meghatározását két, párhuzamosan érvényes szabvány írja elő. Az egyik az MSZ-04-140-2:1991, a másik az EN ISO 6946. A magyar és az uniós számítási módszer eredményeit hasonlítjuk össze egy fa bordavázás, könnyűszerkezetes épület külső térelhatároló szerkezetein keresztül. Cikksorozatunk második részében a zárófödémét vizsgáljuk.

Kulcsszavak: hőátbocsátási tényező, könnyűszerkezetes épületek, szabványharmonizáció

Calculation of the thermal transmittance on a wood-frame housing system part 2

Abstract

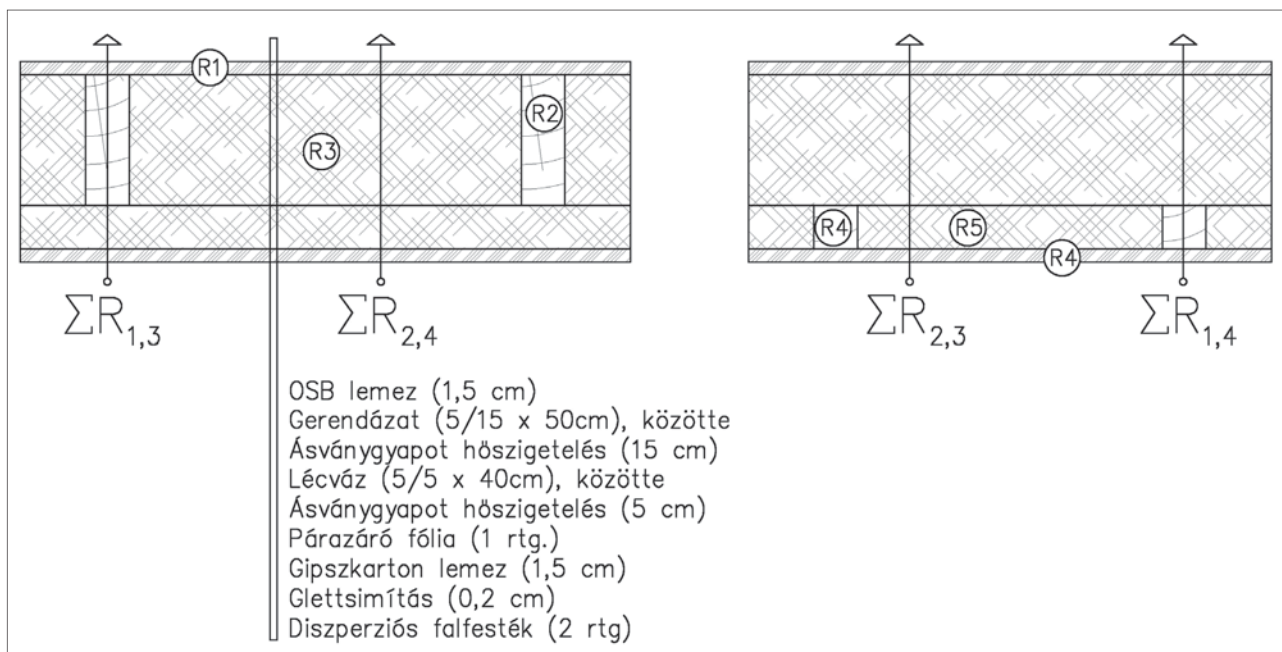
As of the 1st of September, 2006 a new building regulation came into effect in Hungary. According to this regulation, all elements that separate interior and exterior spaces are to be designed for thermal insulation individually. The thermal transmittance of each structure has to stay below a prescribed limit value. Two methods are available and equally valid for calculating these values; the Hungarian Standard MSz-04-140-2:1991, and the European Standard EN ISO 6946. The purpose of this article is to compare these two standards in the case of a wood-frame housing system. In the second part of our article series, the roof of the house is examined.

Key words: thermal transmittance, wood-frame housing, harmonization of standards

Bevezetés

A fa bordavázás, könnyűszerkezetes épület zárófödém-szerkezete réteges felépítésű. A födémről elvárt különböző funkciókat különböző anyagok biztosítják. A teherviselést a fa födémgerendák (födempallók), a hőszigetelést a bordaközökbe és a lécközökbe beépített hőszigetelő anyag, a légzárást és állagvédelmet a borítólemez, illetve a beépített párazáró fólia végzi. A merevítés a borítólemez, és az alkalmazott kötőelemek feladata.

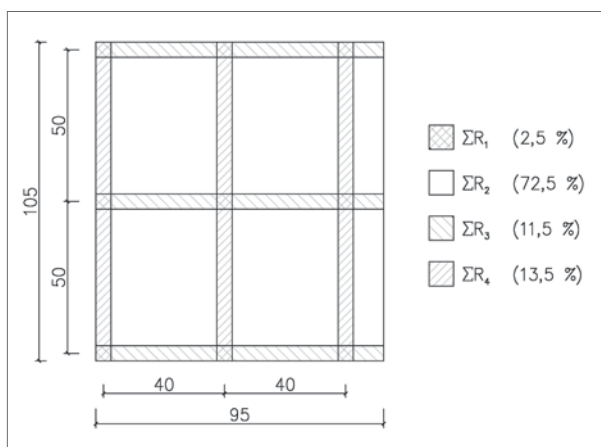
A födém hőszigetelő képességének meghatározásánál nem hagyható figyelmen kívül, hogy a felület egyes pontjain (a gerendázat és szerelőlécek elhelyezkedése révén) négy – jól elkülöníthető – rétegrend alakul ki (1. ábra). A négy rétegrend aránya a felület mentén jelentősen módosítja a legjobb rétegrenden keresztül értelmezhető hőszigetelő képességet: egy általános épület esetén nagyjából 72,5% teljesen hőszigetelt födémfelülettel lehet számolni, a fennmaradó részekben a rétegrendnek



1. ábra Fa-bordavázás épület zárófödém-szerkezetének felépítése, rétegrendje

Figure 1 Structure and layers of the roof of a wood-frame housing system

csak egy része hőszigetelő anyag, a többi tömörfa (pl. a lécváz, vagy a födémgerenda). Ezeket az arányokat könnyen beláthatjuk, ha megnézzük a 2. ábrán látható födém-vázlatot. Az 1 m²-es födémfelületen a négy rétegrend a jelölt arányokban oszlik el. Az ilyen (különböző rétegrendű felületekből álló) lehűlőfelületek hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához mindkét szabvány ad iránymutatást. Számításaink készítésekor a két módszer, illetve az eredmények összehasonlítását tűztük ki célul.



2. ábra A borda- és hőszigetelés felületek eloszlása a zárófödémén

Figure 2 Distribution of wood-frame and thermal insulation surfaces in the roof

Publikációnkkal fel szeretnénk hívni a figyelmet arra is, hogy a könnyűszerkezetes épületek szerkezeinek hőátbocsátási tényezője a tartószerkezet-hőszigetelés felületek miatti súlyozás révén magasabb (tehát rosszabb), mint a legtöbb könnyűszerkezetes katalógusban található, rendszerint csak hőszigetelésre számított érték.

Hőátbocsátási tényező meghatározása az MSZ-04-140-2:1991 szerint

Alkalmazott jelölések:

k	- hőátbocsátási tényező	(W / m ² K)
$A_{[\%],1}$	- palló-léc felület a teljes keresztmetszetben	(%)
$A_{[\%],2}$	- hossz.-hősz. felület a teljes keresztmetszetben	(%)
$A_{[\%],3}$	- palló-hősz. felület a teljes keresztmetszetben	(%)
$A_{[\%],4}$	- lécváz-hősz. felület a teljes keresztmetszetben	(%)
$A_{[\%],5}$	- hősz. felület az 5/15fa a hőszigetelés rétegben	(%)
$A_{[\%],6}$	- borda felület az 5/15fa a hőszigetelés rétegben	(%)
$A_{[\%],7}$	- hősz. felület az 5/5fa a hőszigetelés rétegben	(%)
$A_{[\%],8}$	- lécváz felület az 5/5fa a hőszigetelés rétegben	(%)
R	- hővezetési ellenállás	(m ² K / W)

- A_I - súlyozott hővezetési ellenállás
felső érték ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
- A_{II} - súlyozott hővezetési ellenállás
alsó érték ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
- A_i - hőszigetelő rétegek hővezetési ellenállása
($i=1,2,3,4,5,6$) ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
- $\sum R_1$ - palló-léc.-nél számított teljes hővezetési
ellenállás ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
- $\sum R_2$ - hős.-hős.-nél számított teljes hővezetési
ellenállás ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
- $\sum R_3$ - palló-hős.-nél számított teljes hővezetési
ellenállás ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
- $\sum R_4$ - lécz-hős.-nél számított teljes hővezetési
ellenállás ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
- α_i, α_e - hőátadási tényezők (táblázatból vett
értékek) ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
- λ_i - hőszigetelő rétegek hővezetési tényezője
($i=1,2,3,4$) (W/mK)
- λ_{ibe} - hőszigetelő rétegek módosított hővezetési
tényezője (W/mK)
- κ - korrekciós tényező (MSZ-04-140-2:1991,
5. táblázat)

A hőátbocsátási tényező számítása:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + R + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [1]$$

A hővezetési ellenállás számítása:

$$R = \frac{R_I + 2R_{II}}{3} \quad [2]$$

A súlyozott hővezetési ellenállás felső értékének számítása:

$$R_I = \frac{1}{\frac{A_{[\%],1}}{\sum R_1} + \frac{A_{[\%],2}}{\sum R_2} + \frac{A_{[\%],3}}{\sum R_3} + \frac{A_{[\%],4}}{\sum R_4}} \quad [3]$$

A súlyozott hővezetési ellenállás alsó értékének számítása:

$$R_{II} = R_1 + \frac{1}{\frac{A_{[\%],5}}{R_2} + \frac{A_{[\%],6}}{R_3}} + \dots \quad [4]$$

$$\dots + \frac{1}{\frac{A_{[\%],7}}{R_4} + \frac{A_{[\%],8}}{R_5}} + \dots + R_n$$

Az egyes anyagok hővezetési tényezőjének a felvétele (1. ábra):

- 1) $\lambda_1 = 0,16 \text{ W}/\text{mK}$,
- 2) $\lambda_2 = \lambda_4 = 0,13 \text{ W}/\text{mK}$,

$$3) \lambda_3 = \lambda_5 = 0,04 \text{ W}/\text{mK},$$

$$4) \lambda_6 = 0,30 \text{ W}/\text{mK}.$$

A hőszigetelő réteg hővezetési tényezőjének helyesbítése a beépítési feltételek függvényében vízszintesen beépített szigetelés, tompa illesztéssel (MSZ-04-140-2:1991, 5. táblázat):

$$\lambda_{sbe} = \lambda_{3be} = \lambda_3 (1 + \kappa) = 0,04(1 + 0,25) = 0,05 \text{ W}/\text{mK}, \quad [5]$$

Az egyes rétegek hővezetési ellenállásának a számítása:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{1be}} = \frac{0,015}{0,16} = 0,094 \text{ m}^2\text{K}/\text{W},$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,15}{0,13} = 1,154 \text{ m}^2\text{K}/\text{W},$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{3be}} = \frac{0,15}{0,05} = 3,000 \text{ m}^2\text{K}/\text{W},$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,05}{0,13} = 0,385 \text{ m}^2\text{K}/\text{W},$$

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{5be}} = \frac{0,05}{0,05} = 1,000 \text{ m}^2\text{K}/\text{W},$$

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_6} = \frac{0,015}{0,3} = 0,050 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}.$$

A teljes hővezetési ellenállások számítása ($\sum R_1$, $\sum R_2$, $\sum R_3$, és $\sum R_4$):

$$\sum R_1 = R_1 + R_2 + R_4 + R_6 = 1,683 \text{ m}^2\text{K}/\text{W},$$

$$\sum R_2 = R_1 + R_3 + R_5 + R_6 = 4,144 \text{ m}^2\text{K}/\text{W},$$

$$\sum R_3 = R_1 + R_2 + R_5 + R_6 = 3,144 \text{ m}^2\text{K}/\text{W},$$

$$\sum R_4 = R_1 + R_3 + R_4 + R_6 = 3,529 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}.$$

Behelyettesítés a [3]- [4] képletekbe:

$$R_I = \frac{1}{\frac{A_{[\%],1}}{\sum R_1} + \frac{A_{[\%],2}}{\sum R_2} + \frac{A_{[\%],3}}{\sum R_3} + \frac{A_{[\%],4}}{\sum R_4}} = \frac{1}{\frac{0,025}{1,683} + \frac{0,725}{4,144} + \frac{0,115}{3,144} + \frac{0,135}{3,529}} = 3,779 \text{ (m}^2\text{K}/\text{W)}$$

és



$$R_{II} = R_1 + \frac{1}{\frac{A_{[\%],5}}{R_2} + \frac{A_{[\%],6}}{R_3}} + \frac{1}{\frac{A_{[\%],7}}{R_4} + \frac{A_{[\%],8}}{R_5}} + R_6 =$$

$$= 0,094 + \frac{1}{\frac{0,1}{1,154} + \frac{0,9}{3,000}} + \frac{1}{\frac{0,125}{0,385} + \frac{0,875}{1,000}} + 0,05 =$$

$$= 3,564 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}.$$

Behelyettesítés a [2] képletbe:

$$R = \frac{R_I + 2R_{II}}{3} = \frac{3,779 + 2 \cdot 3,564}{3} = 3,636 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}.$$

Behelyettesítés a [1] képletbe:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + R + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{6} + 3,636 + \frac{1}{12}} = 0,26 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}.$$

A régi számítási eljárással egy általános rétegendű (1.ábra) fa bordavázaz, könnyűszerkezetes födém-szerkezet hőátbocsátási tényezője: $k = 0,26 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$ értékre adódik.

Hőátbocsátási tényező meghatározása az EN ISO 6946 szerint

Alkalmazott jelölések:

$A_{[\%],1}$ - palló-léc felület a teljes keresztmetszetben (%)

$A_{[\%],2}$ - hősz.-hősz. felület a teljes keresztmetszetben (%)

$A_{[\%],3}$ - palló-hősz. felület a teljes keresztmetszetben (%)

$A_{[\%],4}$ - lécz-hősz. felület a teljes keresztmetszetben (%)

$A_{[\%],5}$ - hősz. felület az 5/15fa a hőszigetelés rétegben (%)

$A_{[\%],6}$ - borda felület az 5/15fa a hőszigetelés rétegben (%)

$A_{[\%],7}$ - hősz. felület az 5/5fa a hőszigetelés rétegben (%)

$A_{[\%],8}$ - lécz felület az 5/5fa a hőszigetelés rétegben (%)

R_T - hővezetési ellenállás ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

R'_T - súlyozott hővezetési ellenállás felső érték ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

R''_T - súlyozott hővezetési ellenállás alsó érték ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

R_i - hőszigetelő rétegek hővezetési ellenállása ($i=1,2,3,4$) ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

R_{Si} - belső felületi ellenállás (táblázatból vett érték) ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

R_{Se} - külső felületi ellenállás (táblázatból vett érték) ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

$\sum R_1$ - palló-léc-nél számított teljes hővezetési ellenállás ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

$\sum R_2$ - hősz.-hősz.-nél számított teljes hővezetési ellenállás ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

$\sum R_3$ - palló-hősz.-nél számított teljes hővezetési ellenállás ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

$\sum R_4$ - lécz-hősz.-nél számított teljes hővezetési ellenállás ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

U - hőátbocsátási tényező ($\text{W} / \text{m}^2\text{K}$)

ΔU_g - hőátbocsátási korrekciós tényező, ami a hőszigetelő anyag közötti légréstől adódik (EN ISO 6946, D.1. táblázat) ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

ΔU_f - hőátbocsátási korrekciós tényező, ami a hőszigetelő anyag rögzítéséből adódik (EN ISO 6946, D.3. táblázat) ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$)

λ_i - hőszigetelő rétegek hővezetési tényezője ($i=1,2,3,4$) (W / mK)

A hőátbocsátási tényező számítása:

$$U = \frac{1}{R_T} + \Delta U_g + \Delta U_f \quad [7]$$

A hővezetési ellenállás számítása:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad [8]$$

A súlyozott hővezetési ellenállás felső értékének számítása:

$$R'_T = \frac{1}{\frac{A_{[\%],1}}{\sum R_1} + \frac{A_{[\%],2}}{\sum R_2} + \frac{A_{[\%],3}}{\sum R_3} + \frac{A_{[\%],4}}{\sum R_4}} \quad [9]$$

A súlyozott hővezetési ellenállás alsó értékének számítása:

$$R''_T = R_{Si} + R_1 + \frac{1}{\frac{A_{[\%],5}}{R_2} + \frac{A_{[\%],6}}{R_3}} + \dots \quad [10]$$

$$\dots + \frac{1}{\frac{A_{[\%],7}}{R_4} + \frac{A_{[\%],8}}{R_5}} + \dots + R_n + R_{Se}$$

Az egyes rétegek hővezetési tényezőjének a felvétele:

1) $\lambda_1 = 0,16 \text{ W} / \text{mK}$,

2) $\lambda_2 = \lambda_4 = 0,13 \text{ W} / \text{mK}$,

3) $\lambda_3 = \lambda_5 = 0,04 \text{ W} / \text{mK}$,

4) $\lambda_6 = 0,30 \text{ W} / \text{mK}$.

Az egyes rétegek hővezetési ellenállásának a számítása:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{1be}} = \frac{0,015}{0,16} = 0,094 \text{ m}^2\text{K} / \text{W},$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,15}{0,13} = 1,154 \text{ m}^2\text{K} / \text{W},$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{3be}} = \frac{0,15}{0,05} = 3,000 \text{ m}^2\text{K} / \text{W},$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,05}{0,13} = 0,385 \text{ m}^2\text{K} / \text{W},$$

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{5be}} = \frac{0,05}{0,05} = 1,000 \text{ m}^2\text{K} / \text{W},$$

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_6} = \frac{0,015}{0,3} = 0,050 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}.$$

A teljes hővezetési ellenállások számítása ($\sum R_1$, $\sum R_2$, $\sum R_3$, és $\sum R_4$):

$$\sum R_1 = R_{Si} + R_1 + R_2 + R_4 + R_6 + R_{Se} = 1,823 \text{ m}^2\text{K} / \text{W},$$

$$\sum R_2 = R_{Si} + R_1 + R_3 + R_5 + R_6 + R_{Se} = 4,284 \text{ m}^2\text{K} / \text{W},$$

$$\sum R_3 = R_{Si} + R_1 + R_2 + R_5 + R_6 + R_{Se} = 3,284 \text{ m}^2\text{K} / \text{W},$$

$$\sum R_4 = R_{Si} + R_1 + R_3 + R_4 + R_6 + R_{Se} = 3,669 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}.$$

Behelyettesítés a [9]- [10] képletekbe:

$$R'_T = \frac{1}{\frac{A_{[\%],1}}{\sum R_1} + \frac{A_{[\%],2}}{\sum R_2} + \frac{A_{[\%],3}}{\sum R_3} + \frac{A_{[\%],4}}{\sum R_4}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{0,025}{1,823} + \frac{0,72}{4,284} + \frac{0,115}{3,284} + \frac{0,135}{3,669}} =$$

$$= 3,943 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

és

$$R''_T = R_{Si} + R_1 + \frac{1}{\frac{A_{[\%],5}}{R_2} + \frac{A_{[\%],6}}{R_3}} + \frac{1}{\frac{A_{[\%],7}}{R_4} + \frac{A_{[\%],8}}{R_5}} +$$

$$+ R_6 + R_{Se} = 0,1 + 0,094 + \frac{1}{\frac{0,10}{1,154} + \frac{0,90}{3,000}} +$$

$$+ \frac{1}{\frac{0,125}{0,385} + \frac{0,875}{1,000}} + 0,05 + 0,04 = 3,704 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}.$$

Behelyettesítés a [8] képletbe:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{3,943 + 3,704}{2} = 3,824 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}.$$

Behelyettesítés a [7] képletbe:

$$U = \frac{1}{R_T} + \Delta U_g + \Delta U_f = \frac{1}{3,824} + 0,01 = 0,27 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}.$$

A új, EU szabvány szerinti számítási eljárással egy általános rétegtrendű (1.ábra) fa bordaváz, könnyűszerkezetes falszerkezet hőátbocsátási tényezője: $U = 0,27 \text{ (W} / \text{m}^2\text{K)}$ értékre adódik.

Eredmények összehasonlítása

Az EN ISO szabvány szerinti számolás eredménye adja a magasabb értéket, de az eltérés mindössze 3%-os. A két, érvényben lévő szabvány számítási menete a főbb pontokban megegyezik. Eltérés a korrekciós tényezők figyelembevételében és a borda-bordaköz felületek súlyozásának számításában van. A korrekciós tényezőket mindkét szabvány esetében a hőszigetelő rétegekre kell alkalmazni, azok beépítési, szerelhetőségi tulajdonságai miatt. Általánosságban elmondható, hogy a fa bordaváz kitöltésére használatos szálal hőszigetelő anyagoknak alacsony a testsűrűsége, így a függőleges beépítés után roskadásra hajlamosak. A magyar szabvány ezt a jelenséget egyértelműen figyelembe veszi, míg az európai szabvány eleve csökkentett hővezetési tényező (ú.n. deklarált hővezetési tényező) használatát írja elő a gyártók számára, ami azután tervezési értéként használható. A végeredmény tekintetében a különbségek nem jelentősek.

Összefoglalás

Számításaink során meghatároztuk egy – ma Magyarországon általános – fa bordaváz épület külső falszerkezetének hőátbocsátási tényezőjét a még érvényes magyar, és a már érvényes európai szabvány szerint. A számolásnál figyelembe vettük, hogy egy átlagos külső falszerkezet esetén a falfelület 20%-a bordaváz, és csupán 80%-a a hőszigetelő anyaggal kitöltött bordaköz. A két számítási módszer eredményei között nincs nagyságrendi eltérés. Ez azzal magyarázható, hogy néhány részletet kivéve a két módszer alapelvei megegyeznek. Cikksorozatunk következő részében a borított gerenda zárófödémrel foglalkozunk.

**Irodalomjegyzék**

- MSZ-04-140-2:1991 – Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai, hőtechnikai méretezés
- EN ISO 6946:1999 - Épületszerkezetek és épület-elemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Általános számítási módszerek

Fekete, I (1985) Épületfizika kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest

Faanyagú tartószerkezet laboratóriumi diagnosztikai vizsgálata I.

LŐRINCZ György¹

¹ Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Szerkezetépítési Tanszék

Kivonat

Egy laboratóriumban felállított, nyílásának mintegy 2/3 részén kétfás gerendát is tartalmazó faszerkezetet koncentrált erővel hajlítva, vagy impulzusgerjesztéssel igénybe véve, statikus és dinamikus méréseket végeztünk. A két fa egymáson való elcsúszási tulajdonsága, így a kétfás gerendaszakasz hajlítási merevsége is változtatható volt. Megfigyeltük a szerkezet fokozatos lebontásával nyert különböző fatartók statikai és dinamikai tulajdonságainak változását. Annak eldöntése érdekében vizsgáltunk, hogy az elsősorban dinamikai változásokhoz egyértelműen és mérésekkel is kimutathatóan hozzárendelhetők-e a tartó előre definiált módosulásai. Mértünk és ugyanezen értékeket számítással is meghatároztuk. Ezen utóbbihoz szükséges statikai váz felállítása sok kompromisszumot követelt, de sikerült olyan modellt felvennünk, melyen a mért és számított értékek eredményesen egyeztethetők voltak.

Kulcsszavak: kétfás tartó, elcsúszás, dinamikai tulajdonságok, fatartók sajátfrekvenciája

Diagnostic test of a timber construction in laboratory part 1

Abstract

This laboratory and theoretical work discusses the statical and dynamical laboratory measurement results and their data processing, along with the setting up of the working line, in the case of a timber construction of practical quality which works as a timber girder in its detachable structured part. Proceeding from the point that the measured and calculated stoops are equal, the dynamic features are defined upon the frame and the behaviour of the girder in each of the below detailed states, where the slipping of the two timbers and the relative rotation of the adjustable swivel connection are variable values.

Key words: timber girder, displacement, dynamical features, eigenfrequency of timber constructions