

KÜLÖNBÖZŐ FA- ÉS ADALÉKANYAGOK HATÁSA A CEMENT HIDRATÁCIÓJÁRA CEMENTKÖTÉSŰ KOMPOZIT TERMÉKEKBEN

II. rész: a kísérletek leírása és eredményei

TAKÁTS PÉTER, BEJÓ LÁSZLÓ, VASS NORBERT*

Egy cementkötésű kompozit gerenda termék kifejlesztése kapcsán a cementkötésű fakompozitok hidratációját vizsgáltuk. Előző publikációinkban bemutattuk a vizsgálatok elméleti hátterét, ez a cikk pedig a kísérletek leírását és eredményeit ismerteti. A vizsgálatok cement és erdeifenyő strand-ek, illetve cement és I-214 olasznyár furnércsíkok keverékére, valamint – kontrollként – tiszta cementre vonatkoztak. Az eredmények alapján a fa komponensek jelentősen késleltették a cement hidratációját, különösen az erdeifenyő strand-ek esetében. CaCl_2 gyorsító hozzáadása jelentősen felgyorsította és elősegítette a cement-fa keverék hidratációját.

Kulcsszavak: Cementkötésű fakompozitok, Hidratáció, Hidratációs görbék

THE EFFECT OF VARIOUS WOOD MATERIALS AND ADDITIVES ON CEMENT HYDRATION.

PART 2: EXPERIMENTAL METHODS AND RESULTS

The hydration of cement bonded wood composites was investigated in relation to the development of cement bonded beams. In the previous article, the authors described the theoretical basis of their investigations, while this article discusses the experiments and their results. Testing included cement mixed with standard scots pine strands and with veneer strands made of the I-214 poplar clone. Pure portland cement samples were also examined as a control. The results showed that the addition of these wood components significantly delayed the hydration, and reduced hydration temperatures, especially in the case of Scots pine strands. The addition of CaCl_2 accelerator significantly speeded up cement hydration, and made the hydration process of the cement-wood mixture more complete.

Key words: Cement bonded wood composites, Hydration, Hydration curves

Bevezetés

Cikksorozatunk előző részében ismertettük a szervesetlen kötésű kompozitokkal kapcsolatos legfontosabb tudnivalókat. Bemutattuk a kötőanyagok legfontosabb fajtáit, valamint behatóbban foglalkoztunk a portlandcement tulajdonságaival és hidratációjával. Emellett röviden tárgyaltuk a faanyagok a cement hidratációjára kifejtett hatását is. Cikksorozatunk második, befejező darabjában ismertetjük az elvégzett kísérleteket és azok eredményeit.

Kísérleti módszerek és anyagok

A hidratációs görbék felvételét 6 különböző mintán végeztük el. Vizsgáltuk a cementkötésű gerendák (ld. Bejő és tsai. 2004) alapanyagául szolgáló standard erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) strand-ekkel illetve 600x10x2.5 mm-es I-214 olasznyár (*Populus x. euramericana cv. I-214*) furnércsíkokkal kevert cementminta hidratációját. Hogy a mérés során megfelelő bázisértékek álljanak rendelkezésre, megmértük a gerendák készítése során felhasznált tiszta portlandcement (CEM I 52,5 N) hidratációjának alakulását is. Minden esetben két külön mintát készítettünk; az egyikhez – a cementkötésű gerendák esetében alkalmazott receptúra szerint

– CaCl_2 kötés gyorsítót adagoltunk, míg a másik nem tartalmazott kötés gyorsítót. Összesen tehát hat mérést végeztünk.

A minták elkészítésénél a szervesetlen kötésű kompozit gerendákhoz alkalmazott recepturát követünk. Így a fa-cement tényező értéke 0,18, a víz-cement tényező értéke 0,4, a felhasznált kalciumklorid kötés gyorsító mennyisége pedig a ténylegesen bemért cementmennyiség 3%-a volt.

A cementhidratáció mérését egy kétmérőfejes Therm 6280-2 típusú, hordozható termoelemes készülékkel végeztük el. A mintát műanyag pohárba tettük, majd azt egy polisztirollal körbevett széles, lezárható termoszba helyeztük (1. ábra). Ezáltal sikerült kizárunk a levegő hőmérsékletének cementhidratációt befolyásoló hatását. A termoelemet a termosz fedlapján kialakított keskeny nyíláson juttattuk be a minta belsőjébe.

Valamennyi mérési folyamat megkezdése előtt megmértük a laboratórium hőmérsékletét. A mérések végzésénél igyekeztünk azonos külső hőmérsékleti körülményeket biztosítani, hogy a kapott hidratációs hőmérsékleti értékek egymással közvetlenül, hőmérsékleti korrekció nélkül összevethetők legyenek. A

Dr. Takáts Péter CSc. egyetemi docens, Dr. Bejő László PhD. egyetemi docens, NYME Fa- és Könnyűipari Technológiák Intézete, Vass Norbert okl. faipari mérnök

1. táblázat: A hidratációs hőmérsékletek alakulása különböző minták esetén

A vizsgált minta		környezeti hőmérséklet (°C)	Hidratációs hőmérséklet				Max. hőm. időpontja (h)
			Kezdeti (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	Átlag (°C)	
Portlandcement	gyorsító nélkül	20,0	25,0	20,5	25,8	23,2	12,5
	kötés gyorsítóval		26,0	19,0	30,3	24,7	3,5
Cement + erdeifenyő	gyorsító nélkül	20,5	23,1	19,0	23,5	21,3	0
	kötés gyorsítóval		26,0	18,3	26,7	22,5	5,5
Cement + I-214 olasznyár	gyorsító nélkül	20,8	24,0	19,5	23,7	21,6	0
	kötés gyorsítóval		25,9	18,5	28,8	23,7	4,5

cementhidratációt minden egyes minta esetében 24 órán keresztül vizsgáltuk. A készülék 30 perces időintervallumokban rögzítette a mért hőmérsékleti értékeket. Így mintánként 49 mérési adat állt rendelkezésünkre a hidratációs görbe megrajzolásához.

A hidratációs mérések eredményei

Az **1. táblázatban** röviden összefoglaltuk a hidratációs görbék legfontosabb paramétereit. A tiszta portlandcementet, az erdeifenyő strand-et illetve a nyár furnért tartalmazó minták hidratációs görbéit rendre az **2.** illetve **3. ábrák** tartalmazzák.

A kapott hidratációs görbék tanulmányozásával jól nyomon követhetjük mind a faanyag, mind a kötés gyorsító cementhidratációt befolyásoló hatását, ha a kapott eredményeket a következő szempontok szerint vizsgáljuk meg:

- Kötés gyorsító használata alapján
- A hidratációs hőmérséklet maximuma alapján
- A hidratációs hőmérsékleti maximum bekövetkezésének ideje alapján

A rendszerhez adagolt kalciumklorid kötés gyorsító hatása a cement hidratációjára mindegyik ábrán nagyon jól megfigyelhető. A **2. ábrán** láthatók a tiszta portlandcementből készült minták hidratációs görbéi. A kötés gyorsítót tartalmazó minta maximális hidratációs hőmérsékletét mintegy 9 órával előbb elérte, és annak hőmérsékleti értéke is magasabb volt, mint a kötés gyorsítót nem tartalmazó mintáé. A **3. és 4. ábrán**, ahol a fenyő illetve a nyár faanyaggal készített minták hidratációs folyamatát követhetjük nyomon, a következőket láthatjuk. Azoknál a mintáknál, amelyekhez kötés gyorsítót nem adtunk, a hidratációs folyamat első két szakasza (intenzív ill. önindukciós) még megtalálható, a harmadik, akcelerációs szakasz viszont hiányzik. A kezdeti intenzív hőfejlődést követően a hidratációs folyamat nyugvó állapotba kerül, azonban a harmadik szakasz újabb hőfejlődését már nem tapasztaljuk. Ez arra enged következtetni, hogy a cement szilárdulása 24 óra alatt történt meg, amiről a mérési idő elteltével valóban meggyőződünk.



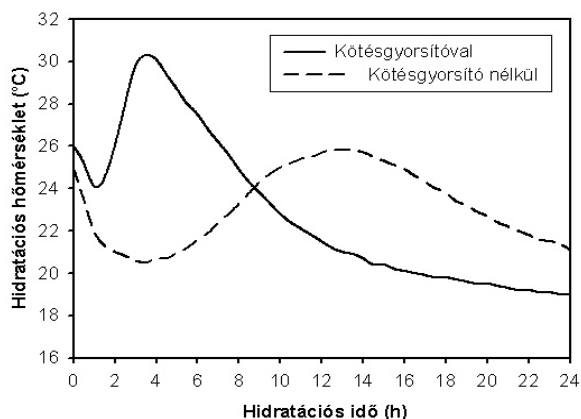
1. ábra – A hidratációs hőmérséklet mérése Therm 6280-2 típusú készülékkel

Ezzel szemben azoknál a mintáknál, amelyekhez kötés gyorsítót adagoltunk, a hidratációs folyamat mindhárom szakasza megtalálható. Láthatjuk tehát a rendszerben lévő faanyag különböző vízzoldható anyagainak cement-hidratációt késleltető, illetve akadályozó hatását, melyet kötés gyorsító hozzáadagolásával jelentősen csökkenteni tudtunk.

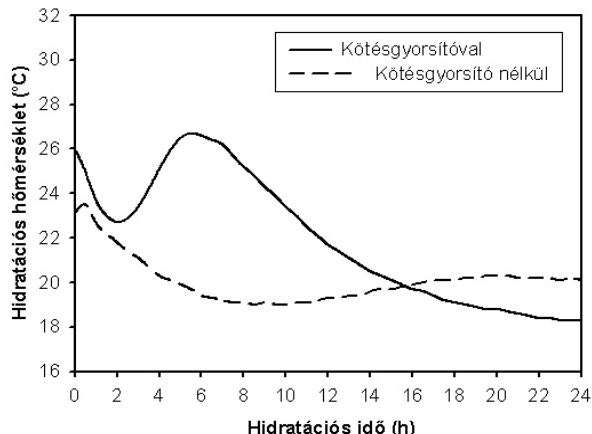
A felhasznált két különböző fajta cement-hidratációt befolyásoló hatását legjobban az **5. ábrán** követhetjük nyomon. Az ábrán látható minták mindegyike azonos mennyiségű kötés gyorsítót tartalmaz. Ezt megvizsgálva a következőket mondhatjuk:

- A nyár ill. erdeifenyő fajokkal készített minták mindegyikével alacsonyabb hidratációs hőmérsékletet tudtunk elérni, mint a tiszta portlandcementtel.
- A legnagyobb késleltetést az erdeifenyő strand-ek okozták. Az ilyen anyaggal készült minta a maximális hidratációs hőmérsékletet két órával később érte el, mint a tiszta portlandcement kalciumkloridos keveréke.
- A nyár furnércsík hatása a cement hidratációjára az erdeifenyőhöz képest kisebb mértékű, hiszen itt a hidratációs hőmérséklet maximuma már egy órával korábban bekövetkezett, mint az erdeifenyővel készült mintánál.

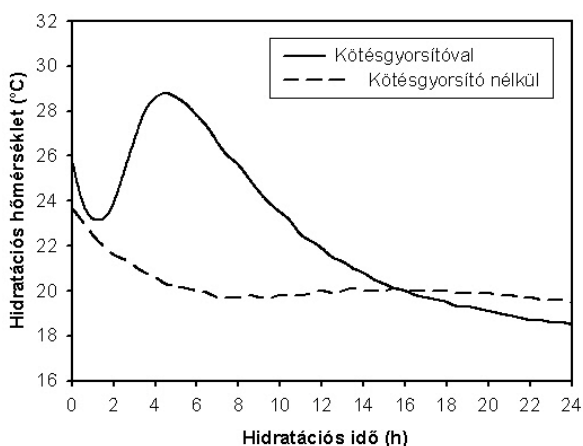
A faanyagok cementhidratációt késleltető hatása a maximális hidratációs hőmérséklet értékében is



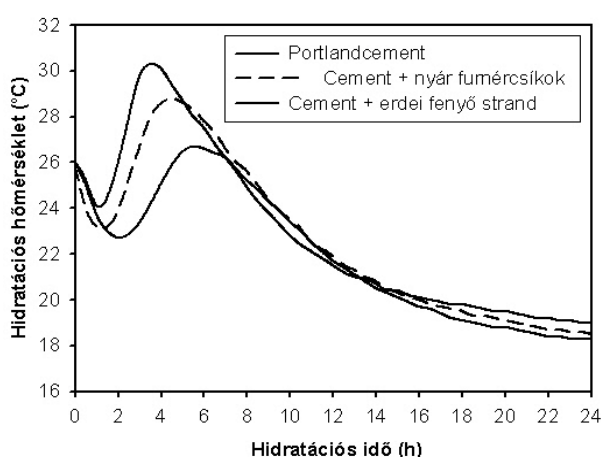
2. ábra – Tiszta cement minták hidratációs görbéi



3. ábra – Erdei fenyő strand-ekkel készült cement minták hidratációs görbéi



4. ábra – I-214-es olasz nyár furnércsíkokkal készült cement minták hidratációs görbéi



5. ábra – Kötőgyorsítóval készült cement, ill. faanyaggal kevert cement minták hidratációs görbéi

megfigyelhető. Ebben is az előzőekhez hasonló tendencia mutatkozik. Az erdeifenyővel készült minta adta a legkisebb hőmérsékleti értéket ($T_{\max} = 26,7^{\circ}\text{C}$). Ez az érték nyár faanyaggal készült minták esetén $2,1^{\circ}\text{C}$ -kal nagyobb. ($T_{\max} = 26,7^{\circ}\text{C}$).

Összefoglalás és következtetések

A hidratációs görbék vizsgálatából az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- A kompozitban lévő faanyag, annak inkrusztáló illetve vízdoldható anyagtartalmával jelentős csökkentő hatással van a cement hidratációjára.
- Az erdeifenyő által okozott késleltető hatás nagyobb mértékű, mint a nyár faanyag által okozott

késleltetés, valószínűleg a benne lévő gyanta, valamint a nagyobb mennyiségű inkrusztáló anyagtartalom miatt.

- A rendszerhez adagolt 3% kötőgyorsító elősegíti a cement gyors hidratációját. Ez a felgyorsított folyamat egyrészt megakadályozza a cukroknak adszorbeálódását az alit felületén, amely annak reakcióját a vízzel gátolná, másrészt megelőzi a kalcium hidroxidok által teremtett erősen lúgos környezet kialakulását, mely a faanyag lebomlását (degradációját), és így a vízdoldható hemicellulóz kioldását segíti elő, amely tovább akadályozza a hidratáció végbemenetelét.

- Az erdeifenyő cement hidratációját késleltető nagyobb mértékű hatása a nyárral szemben a felhasznált faanyagok alakiságával, és keresztmetszeti jellemzőivel is magyarázható. Ugyanis a 0,7 mm vastagságú és jóval rövidebb strand a rendszerhez adagolt vízmennyiséget teljes mértékben felvette, ami a vízdoldható anyagtartalom kioldódását jobban elősegítette. Ezzel szemben a vastagabb (2,5 mm) és hosszabb (kb. 60 cm) nyár furnércsíkok vízfelvétele kisebb mértékű volt.

Természetesen a felhasznált faanyagok inkrusztáló és vízdoldható anyagtartalmának meghatározása, valamint annak megismerése, hogy ezeknek és a felhasznált adalékanyagoknak (esetünkben a kalcium-klorid) milyen befolyásoló hatása van a cement hidratációjára, további kutatómunkát igényel.

Köszönetnyilvánítások

A szerzők köszönetüket szeretnék kifejezni az Interspan Rt. és a Heraklith Kft. felé, a strand-ek illetve a cementalapanyag beszerzéséhez nyújtott segítségükért. Ez a kutatás részben a Nemzeti Kutatás-Fejlesztési Alapprogramok 4/19/2001-es projektje („Erdő-Fa Program”) támogatásával zajlott.

Irodalomjegyzék

1. Bejó, L., P. Takáts, N. Vass. 2004. **Early experience with cement bonded composite beams.** publikálás alatt, *Acta Silvatica et Ligniensa Hungarica*