

Kompozitanyag fejlesztése dinamikus igénybevételre

Development of a Composite Material for Impact Load

Kovács Tünde Anna,¹ Nyíkes Zoltán,² Figuli Lucia³

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék, Budapest, Magyarország, kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország, nyikes.zoltan@phd.uni-obuda.hu

³ Zsolnai Egyetem, Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Műszaki és Informatikai Tudományok Tanszék, Zsolna, Szlovákia, lucia.figuli@fbi.uniza.sk

Abstract

The goal of this work was to invent a high energy absorbing composite material. This composite needs to be able to attach on the building's surfaces and increase blast-resistance. In this innovation, the test samples were reinforced with aramidfiber, glass fiber and carbon fiber and tested by Charpy pendulum impact testing machine. During the tests, the aramid and glass fiber reinforced composites showed good resistance and high energy absorption against impact load.

Keywords: *composite, impact load, blast-resistant material.*

Összefoglalás

Ebben a dolgozatban nagy energiaeinyelő képességű kompozitanyag kifejlesztése volt a cél, mely a kompozitépületek falazatára szerelve növeli a robbanással szembeni ellenállást. A fejlesztés során aramidszál, üvegszál és szénszál erősítésű próbatestek készültek, melyek vizsgálata Charpy-ütőművel történt. A vizsgálatok során az üveg- és az aramidszálakkal erősített, kerámiaalapú kompozitok mutattak jó ellenálló- és energiaeinyelési képességet ütéssel szemben.

Kulcsszavak: *kompozit, dinamikus igénybevétel, robbanásálló anyag.*

1. Bevezetés

Minden évszázadban találunk fegyvereket és pajzsokat azokban az országokban, amelyeknek szükségük volt ezekre. Az anyagtudomány és technológia fejlődésével a fegyverek és a védelem is fejlődött. Korunkban nemcsak a háború, de a terrorizmus is fenyeget. A terroristamerényletek váratlanul és számos módon következhetnek be. Az alkalmazott módszerek és robbanóanyagok katasztrófát okozhatnak. A károk enyhítésére (emberélet, épületek, járművek stb.) szükséges a meglévő épületek bevonatokkal történő megerősítése vagy robbanásálló anyagok alkalmazása az építkezéseknél [1–4].

A dinamikus igénybevételek hatására az anya-

gok rideg viselkedést mutatnak. Az épületek esetében alkalmazott kerámiatöglák törés közben sok darabra esnek, melyek szétszóródva veszélyt jelentenek. A régi épületek anyagait már nem lehet modern anyagokra cserélni, ezért az utólagos erősítésük megoldást jelenthet [5–9]. Ezzel a módszerrel nem rontanánk a városképet, azonban biztonságosabbá tehetnénk ezeket az épületeket. A falak bevonattal való megerősítésére megfelelő anyagot kell választani. A jelenleg alkalmazott építőipari burkolóanyagok alkalmasak hőszigetelésre, de dinamikus igénybevétel esetén nem nyújtanak védelmet és nem erősítik a falazatot, sőt az alkalmazott hőszigetelő anyagok nagy része tűzveszélyes.

A kompozit tervezésének legfontosabb része az igénybevétel meghatározása és ebből a feszültség meghatározása [10–14]. A terhelés alapján lehet a mátrixot és az erősítő elemeket kiválasztani, illetve megfelelőségüket elemezni. Jelenleg igen nagy számú mátrix- és erősítőanyag közül lehet választani. Ezen anyagokból építhető fel megfelelő társítással a meghatározott igénybevételeknek megfelelő kompozit.

Kompozitok tervezéséhez számos tervező rendszer is alkalmazható, melyeknek széles adatbázisuk van, és ezek segítségével mind az anyagválasztás, mind a tervezés egyszerűbbé válik.

2. A kompozit-próbatestek előállítás

A tervezés során három különböző erősítőanyag állt rendelkezésre (szénszál szövet, üvegszál szövet, aramid-szál szövet), melyek tulajdonságai eltérők. A szövetek tulajdonságai a szövés módjától, vagyis a szálak elrendezésétől függenek, azaz irányfüggők. Az alkalmazott erősítőanyagokat az 1–3. ábrák mutatják.

A laminálással készült kompozit-fedőréteg építése során mátrixként epoxigyantát (Araldite LY1564) választottunk. A kompozit tervezése során figyelembe vett anyagok tulajdonságait az 1. táblázat mutatja.

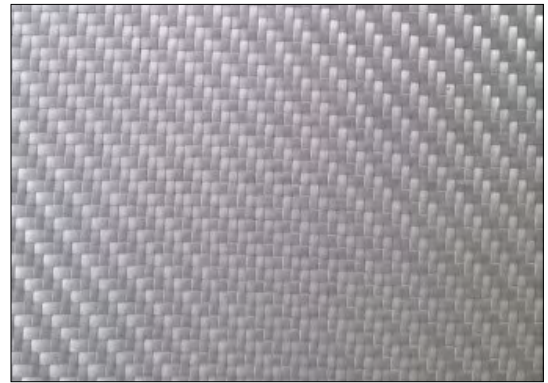
A kompozit-hoz egyirányú szálelrendezésű erősítőszövetet használtunk. A próbatestek bemetszés nélküliek voltak. Az elvégzett Charpy-vizsgálat eredményeit az 1. táblázat mutatja [2].

A szakirodalmi ajánlások [2] alapján a kis ütőszilárdságot mutató gyantával impregnált aramid-szövetből 6 réteget, míg a nagyobb ütőszilárdságú gyantával impregnált szénszál és üvegszál textiltől 4 réteget építettünk a kompozit-fedőrétegbe.

Mivel a cél a jelenleg alkalmazott samottégla megerősítése volt dinamikus igénybevétel mellett szemben, ezért a modellkísérletekhez az alsó és a felső lapján epoxigyantába ágyazott erősítőszálakkal laminált samott-éteglát (réteges hibrid anyagot) készítettünk a 4. ábrán látható rétegszerint.

1. táblázat. Az epoxigyantával impregnált szövetek alkotta kompozitok tulajdonságai [2]

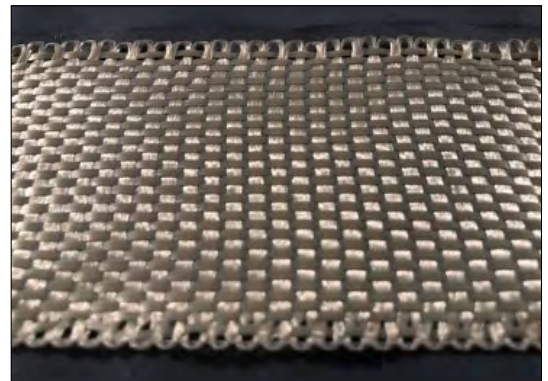
	Üvegszál szövet	Szénszál szövet	Aramid-szál szövet
Ütőszilárdság (kJ/m ²)	466,2	85,7	76
Sűrűség (kg/m ³)	1900	1500	1400



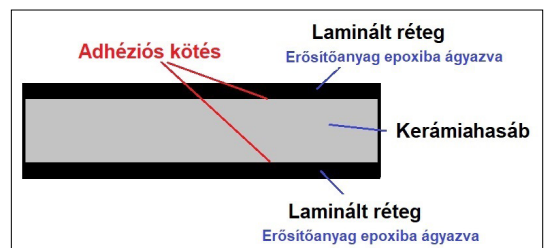
1. ábra. Üvegszál szövet



2. ábra. Szénszál szövet



3. ábra. Aramid-szál szövet



4. ábra. A szendvicspanel felépítése

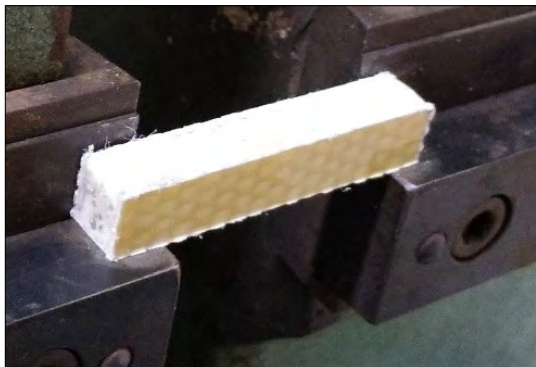
Az alkalmazott erősítőanyagok tulajdonságait és a rétegek jellemzőit a **2. táblázat** foglalja össze.

A szendvicsszerkezetű próbatetek gyártása vákuumfúziós módszerrel történt. Az epoxigyanta szilárdulását követően darabolás következett. A próbatestet az anizotrópiája miatt úgy helyeztük el, hogy a dinamikus hatás a laminált felületet érje (**5. ábra**).

A dinamikus terhelést Charpy-vizsgálattal modelleztük bemetszés nélküli próbatetekeken (**6–8. ábrák**).

2. táblázat. A kompozithoz alkalmazott erősítőanyagok és rétegjellemzők

	Üvegszál	Szénszál	Aramidszál
Szövetjellemző (g/m ²)	390	480	220
Szövés	2/2 sávolyiszövés	2/2 sávolyiszövés	1/1 zsákszövés
Rétegszám	4	4	6
Rétegrend	(0 _{sz}) ₄	(45 _{sz}) ₄	(0 _{sz}) ₆



5. ábra. A próbatest elhelyezése a vizsgálat során



6. ábra. Az üvegszál szövettel és epoxigyantával laminált próbatest képe

3. Kísérletek

A próbatesteket Charpy-féle ingás ütőmű be rendezésen vizsgáltuk MSZ EN ISO 179-1:2010 szabvány alapján [4]. Az első kísérlet során 1 kg tömegű kalapácsot alkalmaztunk a vizsgálathoz a Charpy-vizsgálathoz 10×10×55 mm méretű há-sábokra.

Az üvegszál szövetes laminálással erősített darabok nem törtek ketté, a kalapács visszapattant, a laminált felületen az ütés nyoma látható (**9. ábra**).

Az aramidszál szövetes kompozittal laminált darabok esetén pedig a samotrétég elrepedt, és egyik oldalán a kompozit laminálórétég levált.

A szénszál szövettel és epoxigyantával laminált próbatetek eltörtek (**10. ábra**), a kompozit rideg.

3. táblázat. A kísérletek eredményei

	Üvegszál szövetes	Szénszál szövetes	Aramidszál szövetes
Ütőmunka (J)	7,3	5	6,9
Ütőszilárdság (kJ/m ²)	73	50	69



7. ábra. A szénszál szövettel és epoxigyantával laminált próbatest



8. ábra. Az aramidszál szövettel és epoxigyantával laminált próbatest

A kísérleteket megismételtük 30 kg tömegű kalapáccsal, ami már nem adott mérhető értéket, mivel mind a három vizsgált típus eltört, ezért az értékelést a darabok szemrevételezésével végeztük.

4. Következtetések

Az üvegszál szövettel és a szénszál szövettel laminált próbatestek a 30 kg-os kalapáccsal végzett kísérletben ridegen törtek és nem mutattak ellenállást (12–13. ábra). Az aramidyszál szövettel laminált darabok esetén azonban a darab samott belseje megrepedt, de az aramidyszövetes erősítés nem tört el (14. ábra). Az egyik oldalon levált a kerámia felületéről az aramidyszövetes laminált réteg, ez azt mutatja, hogy az adhéziós kötés nem volt megfelelő.

Az aramidyszövettel laminált próbatestek törése az 1 kg-os és a 30 kg-os kalapács esetén is azonos módon történt, a szendvicspanel nem esett szét, míg az üvegszállal erősített darabok 1 kg-os kala-

páccsal végzett ütés esetén meg sem repedtek, a 30 kg-os kalapáccsal végzett ütésnél ridegtörést mutattak.

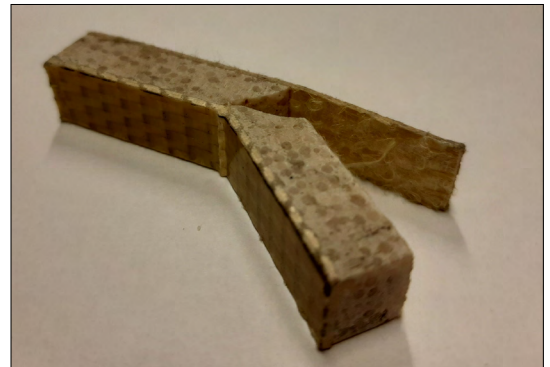
További tervünk a vizsgálatokat 1 kg és 30 kg közötti kalapáccsal végezni, hogy kimutatható legyen a határterhelés esete, amit még az üvegszövetes erősítés elvisel. Megállapítható, hogy az aramidyszövetes laminált réteg dinamikus igénybevétellel szembeni viselkedése igen jó, az aramid és a samott-tégla közötti adhéziós kapcsolat azonban nem elég erős az alkalmazott epoxigyantával.



12. ábra. Üvegszövettel és epoxigyantával laminált próbatest



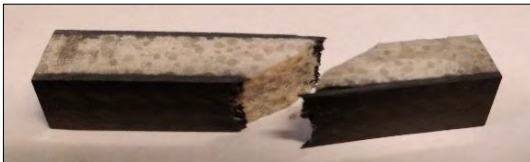
13. ábra. Szénszál szövettel és epoxigyantával laminált próbatest



14. ábra. Aramidyszövettel és epoxigyantával laminált próbatest a törés után



9. ábra. Üvegszövettel laminált próbatest vizsgálat után, a kalapács nyoma jelölve



10. ábra. A szénszál szövetes kompozittal laminált próbatest a vizsgálat után



11. ábra. Az aramidyszövettel és epoxival laminált próbatest a törés után

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton szeretnének köszönetet mondani a KANDSI Kft. (AKOBEZ) munkatársainak a próbatetek elkészítése során nyújtott technikai segítségért.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Ashby M. F., Jones D. R. H.: *Engineering Materials 1. An Introduction to Properties, Applications and Design*. Third Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Cambridge, UK P.K., 2005.
- [2] Szakali M., Szűcs E.: *The defence planning model formation and development / Védelmi tervezési-modellek kialakulása és fejlődése*. Hadmérnök, 12/1. (2017) 24–40. ISSN 1788-1919
- [3] Malick P. K.: *Fiber-reinforced composites*. Third edition. Taylor and Francis, Boca Raton, USA, 2008.
- [4] Ráthy I., Pinke P., Huszák Cs.: *PP mátrixú fröccsöntött kompozitok mechanikai vizsgálatai*. Acta Materialia Transylvanica, 1/2. (2018) 105–109.
<https://doi.org/10.2478/amt-2018-0039>
- [5] Lange D.: *A review of blast loading and explosions in the context of multifunctional buildings*. Fire technology SP Technical Research Institut of Sweden 2013. ISSN 0284-5172
- [6] Gay E., Berthe L., Boustie M., Arrigoni M., Buzaud E.: *Effects of the shock duration on the response of CFRP composite laminates*. Journal of Physics D: Applied Physics, 2014
<https://doi.org/10.1088/0022-3727/47/45/455303>
- [7] Zvaková Z., Figuli L., Guttenová D.: *Analysis of blast load steel beam*. Juniorstav 2014, VUT Brno, ISBN 978-80-214-4851-3.
- [8] Figuli L., Jangl Š., Papán D.: *Modelling and Testing of Blast Effect On the Structures*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 44. (5), 052051
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/44/5/052051>
- [9] Lu G., Yu T.: *Energy absorption of structures and materials*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England 2000.
- [10] Qiao P., Yang M., Bobaru F.: *Impact Mechanics and High-Energy Absorbing Materials: Review*. Journal of Aerospace Engineering, 21/4. (2008) 235–248.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0893-1321\(2008\)21:4\(235\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0893-1321(2008)21:4(235))
- [11] Zhou H., Wang X., Ma G., Liu Z.: *On the effectiveness of blast mitigation with lightweight claddings*. Procedia Engineering, 210. (2017) 148–153.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.11.060>
- [12] Figuli L., Štaffenová D.: *Practical Aspect of Methods Used for Blast Protection*. Key Engineering Materials, 755. (2017) 139–146.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.755.139>
- [13] Daruka N., Kugyela L.: *Ipari robbanóanyagok megjelenésének lehetőségei az improvizált robbanószerkezetek kialakításának tekintetében*. Robbantástechnika, 35. (2018) 155–174.
- [14] Galusca D. G., Galusca L., Tóth L.: *Analyses of Deformation of Fibre Reinforced Composites*. In: microCAD'98, M Section: International Computer Science Conference. Miskolci Egyetem, 1998.