

Könnyűszerkezetek alkalmazása az építőiparban és a közlekedési felépítményekben

Az előző számban megjelent, könnyűszerkezetekkel foglalkozó cikk folytatásaként itt az építőipari alkalmazásokból mutatunk be példákat. A könnyűszerkezetes termékek az építőiparban is új távlatokat nyitnak. A modern építőiparban az olyan anyagok, mint a szálerősítésű kompozitok, textil-betonok, karbonizált fa, membrán, nanoanyagok kreatív teret nyitnak a technikában, technológiákban, kreativitásban, dizájnban egyaránt.

Tárgyszavak: kompozitok, építőipar, FRP erősített beton, hidak, U-profilok, szerkezetépítés, korrózióállóság

Miért éppen a könnyűszerkezetes, kompozit anyagok? Számos olyan tulajdonságuk van, ami az építőiparban nagyon hasznosnak bizonyul: a két vagy több komponensből álló kompozit ötvözi a komponensek anyagtulajdonságait és terhelés alatt is megőrzi a komponensek közötti együttműködést, így az eredmény egy nagy szilárdságú és könnyű szerkezeti anyag. A kompozit mechanikai tulajdonságai igény szerint irányíthatóak: az erősített szálstruktúrát a kívánt irányba fektetve, a kitüntetett terhelési irányba a kompozit szilárdsága magasabb lesz. A kompozitok korrózióállósága és a tartóssága, hozzájárul a szerkezetek alacsony karbantartási igényéhez és hosszú élettartamához, így növekszik a szerkezetek életciklusa, ami hosszútávú gazdasági előnyt jelent a hagyományos anyagokkal, például acéllal és betonnal szemben.

Az előregedő infrastruktúra (korrodáló hídszerkezetek, vasbeton pillérek, felüljárók) gyakran említett globális problémát jelent, ezeknek a szerkezeteknek a felújítása, rekonstrukciója, sok esetben cseréje folyamatos teher az úthálózatot karbantartó vállalatok számára.

A kompozitok iparágának számos szószólója, az alapanyag gyártóktól, a fejlesztőkön keresztül, a kompozit termék gyártókig, azon dolgozik, hogy világszerte felkeltse a figyelmet a könnyűszerkezetű, kompozit anyagok iránt, meggyőzze az illetékeseket az infrastruktúra korszerűsítéséhez kínált előnyökről. A változásokkal szembeni ellenállás (például régi szabványok alkalmazása), az egységnyi anyagköltséggel kapcsolatos aggodalmak és az új anyagok teljesítményével kapcsolatos szkepticizmus nehéz akadálynak bizonyult, de mindez fokozatosan kezd megváltozni.

A **Fibrelite** vállalat (Skipton, Egyesült Királyság), amely csatornák és aknák fedeleinek gyártására specializálódott, az elmúlt évtizedben felismerte a kompozitok előnyeit, a fém és a beton csatornafedeleket fokozatosan kompozit anyagokkal váltja fel. A marketingigazgató döntésüket a kompozitok mellett, azzal indokolta, hogy egyedülálló a szálerősített műanyagokra jellemző korrózióállóság, a könnyű súly és a nagyobb terhelhetőség kombinációja.

A Fibrelite kompozit fedlap súlya körülbelül egyharmada a hagyományos anyagokból készült termékének, ami segít csökkenteni a telepítés és a csatorna karbantartás során a dolgozók kéz-sérüléseit, miközben hasonlóak a mechanikai tulajdonságai. Sok esetben a csatornafedeleket a meglévő keretekhez igazítva gyárthatók, ami csökkenti a telepítési időt és a szállítási költségeket.



1. ábra. Kompozit csatorna fedlap – könnyű és biztonságos.
(Forrás: Fibrelite.)



2. ábra. A kompozit fedőburkolatok számos előnyt kínálnak, beleértve a kisebb súlyt, a korrózióállóságot és a csúszásgátló mintázatot, amelyek biztonságos járási felületet biztosítanak. (Forrás: Fibrelite.)

A piac megérett a változásra, és az ügyfelek egyre jobban megbarátkoznak az új megoldással. Ez pedig a piac többi részén is változást eredményez.

Ahogy a kompozitok előnyös tulajdonságai egyre ismertebbé válnak, az építőmérnökök – akik a változás motorjai vagy fékjei az építőiparban, egyre inkább elismerik és alkalmazzák a kompozit szerkezeteket. És ez jó dolog. A cél nem a hagyományos anyagok kiváltása, hanem az, hogy a mérnökök és a tervezők teljes mértékben megismerjék a kompozitokban rejlő lehetőségeket, hogy megalapozott döntéseket hozhassanak.

„Tudjuk, hogy nem fogjuk kiszorítani az acélt; az acélnak nagyon határozott helye van a piacon. Az acéllal megerősített előregyártott betonnak is fontos szerepe van az építőiparban” - mondja az **AIT Bridges** (Brewer, Maine, Egyesült Államok), a kompozit anyagokból készülő híd-szerkezetekre szakosodott tervező és gyártó cég vezérigazgatója és elnöke. „De mindenképpen indokolt az új kompozit szerkezeteken alapuló, alternatív technológiák alkalmazása. Tapasztalataink szerint ezek a műszaki megoldások növelik a hidak élettartamát. Mivel könnyebbek az elemek, egyszerűbb a szállítás, a termékek mobilitása nagyobb, így a karbantartás tervezése, szervezése rugalmasabb és gyorsabb. Ezek a megoldások összeségében növelik az egész piaci szegmens teljesítményét” – teszi hozzá.

A **Composite Advantage** vállalat (Dayton, Ohio, Egyesült Államok) nagy méretű kompozit szerkezeteket gyárt az infrastrukturális piacok számára. Az elnök-vezérigazgató szerint, az elmúlt évek tapasztalatai után a vitatémák, a kompozit anyagok mechanikai paramétereiről a karbantartásra és annak költségeire helyeződtek át. „Amikor tervezőknek, mérnököknek, vállalkozóknak tartok előadást, már nagyon kevés kérdés merül fel a kompozit-szerkezetek tulajdonságaival vagy a szerkezeti integritásával kapcsolatban” – mondja. Ehelyett hasonló kérdéseket kap, mint az előregyártott beton és más hagyományos anyagok esetében is, például, hogy mennyi a kompozit szerkezetek élettartama, mennyire idő- és időjárás állóak az illesztések, és milyen karbantartást kell majd végezni.

Az Egyesült Államokban jogalkotási lépéseket is tettek, hogy növeljék a kompozit anyagok tudatos alkalmazását az infrastrukturális projekteknél. A 2018 augusztusában bevezetett IMAGINE Act (Innovative Materials for America's Growth and Infrastructure Newly Expanded – innovatív anyagok Amerika növekedéséhez és infrastruktúrájának bővítéséhez) törvény ösztönzi az innovatív építőanyagok kutatását és alkalmazását, annak érdekében, hogy növekedjen a közlekedési hálózatban alkalmazott szerkezetek életciklusa.

„A [amerikai] nemzet vezetői megállapították, hogy Amerikának több mint egy milliárd dollár értékű beruházásra van szüksége a hidak, vízrendszerek, gátak és az elektromos hálózat helyreállításához” – mondta az Amerikai Kompozitgyártók Szövetségének (ACMA, Arlington, Va., USA) elnöke. „A kompozitok egyedülálló módon alkalmasak arra, hogy valós megoldásokat nyújtsanak ennek az igénynek a kielégítésére.”

„Az olyan jogszabályok, amelyek arra ösztönzik az állami ügynökségeket, hogy használják [a kompozitokat] és mutassák be azok előnyeit, mindenképpen üdvözlendőek” – mondja **Coastline Composites** (Lancaster, PA, USA) társalapítója. A Coastline Composites tanácsadó cég, több mint 15 éve segíti az FRP (üvegszálerősítésű műanyag) kompozit termékek gyártóit, infrastrukturális alkalmazások kifejlesztésében. A vállalat korán felismerte a tengeri és vízparti közlekedésben a kompozit szerkezetek alkalmazására nyíló lehetőségeket és saját fejlesztésű FRP-lapokat, tartóoszlopokat és FRP-hídvédelmi rendszereket vezetett be a piacra. A kompozitok infrastrukturális felhasználásának aránya dinamikusan növekszik. Ahogy teltek az évek, egyre több mérnök kezdett el komolyan foglalkozni az ilyen típusú anyagokkal, mivel ezek az anyagok többnyire karbantartásmentesek. Egyre több projektben határozzák meg pultrudált FRP rudakkal erősített betonszerkezetek alkalmazását a hagyományos acél erősített beton alternatívájaként. Az üvegszál-as beton FRP rudak már 30 éve léteznek, de mostanában kezdik egyre gyakrabban használni őket a betonszerkezetek megerősítésére, a hagyományos acél helyettesítésére vagy alternatívájaként.



3. ábra. FRP rudakkal erősített beton. Kompozit beton, az acélszállal erősített beton alternatívája.

Előnyei: korrózióállóság, hosszabb életciklus, kisebb súly, könnyebb beépíthetőség. (Forrás: Owens Corning.)

A hagyományos betonszerkezetek romlásának egyik fő oka az acél korróziója. Az acéllal erősített beton élettartama az egykor becsült 75–100 év helyett körülbelül 25 évre korlátozódik. Az olyan kompozit rudak, mint amilyeneket az **Owens Corning** (Toledo, Ohio, USA) gyárt, alternatívát kínálnak a beton erősítésére, és olyan előnyökkel rendelkeznek, mint a korrózióállóság, a jobb tartósság, a könnyű súly, a könnyű beépíthetőség, a nagyobb szakítószilárdság és a hosszabb élettartam. Az Owens Corning *Fiberglas* beton erősítő rúdjai vinilészter-gyanta mátrixban lévő üvegszál-as előfonatból állnak, és jól alkalmazhatóak a jégtelenítő sók, tengervíz vagy más korróziós hatásának kitett szerkezeteknél. A kompozit betonerősítő rudak 6 és 12 m hosszúságban kaphatók különböző átmérekben. A vállalat 2020-ban egy új, *Pinkbar* nevű kompozit „betonacél” vezetett be, amelyet úgy terveztek, hogy könnyebb és erősebb legyen, mint az „igazi” betonacél.

„Arra számítok, hogy az üvegszál-as betonerősítő termékek tovább fejlődnek a szerkezeti alkalmazásokban és egyre inkább a síkszerkezeti alkalmazásokban is megjelennek” – mondja

az Owens Corning stratégiai marketingért felelős alelnöke. „A kivitelezők nagyobb szilárdságot és súlycsökkentést tapasztalnak az acélhoz képest, ami jelentősen növeli a telepítés és a karbantartás során a termelékenységet. Arra számítok, hogy a kompozitanyagok tartósságát hamarosan figyelembe fogják venni a tervezési és beszerzési döntésekben.” A betonerősítő üvegszálalás termékeken túlmutatva az FRP egyre nagyobb lendületet vesz az infrastrukturális projektekben, mivel egyes esetekben a felújítás illetve a karbantartás költségei meghaladják a hagyományos anyagok használatával elért kezdeti költségmegtakarítást.

Egyre több ügynökség, például a haditengerészet és néhány progresszívebb közlekedési minisztérium kezdte el figyelembe venni a karbantartás vagy a csere jövőbeli költségeit. A tapasztalatok szerint a leromlott, felújításra szoruló szerkezetek javítása nagyon költséges, és általában a közösségek és a lakosság számára súlyos fennakadásokkal jár (pl. hídlezárások). A kezdeti anyag- és építési költségek ugyan fontosak, de nem mindig ez az egyetlen döntő tényező az alapanyagok és telepítési technológia kiválasztásakor.

Az Amerikai Út- és Közlekedésépítők Szövetségének (Washington, D.C., USA) 2019-es jelentése szerint az Egyesült Államokban több mint 47 000 híd rossz állapotban van, és azonnali helyreállításra szorul. Az Egyesült Államokban található mintegy 614 400 hídból körülbelül 245 000 híd meghaladta a becsült 50 éves élettartamát. Ha ezt összevetjük azzal a ténnyel, hogy az örökölt hidak a folyamatos öregedéssel továbbra is romos állapotba kerülnek, akkor egy olyan ország képe rajzolódik ki, amely a közlekedési káosz szélén áll.

Az új hídprojektek továbbra is példákat szolgáltatnak arra, hogy a kompozitok és a fejlett anyagok hogyan segíthetnek a romló infrastruktúra újjáépítésében, és hogyan hozhatnak létre új, könnyű, korrózióálló, fenntartható szerkezeteket, amelyek kiállják az idő és az elemek próbáját. Emellett az összetett anyagok lehetővé teszik a híd igény szerinti testre szabását, ami a hagyományos anyagokkal nem mindig érhető el. Az olyan vállalatok, mint a Composite Advantage és az AIT Bridges, a meglévő hidak rehabilitációján és olyan újak építésén dolgoznak, amelyek képesek meghaladni a hagyományos szerkezetek élettartamát.

Például 2019 februárjában a rekord alacsony hőmérséklet véglegesen tönkretette a Franklin Street hidat az Egyesült Államokban, Michigan Cityben, Indiana. Ez egy 87 éves, nyitható híd, amely ellensúlyok segítségével emeli és süllyeszti a hídnyílásokat, hogy a hajóforgalom számára szabad áthaladást biztosítson. A Composite Advantage szálerősítésű polimer (FRP) *FiberSPAN* rendszert választották a híd omladozó betonlapjainak és acéltartóinak gyors, könnyű, korrózióálló megoldására.

A hagyományos megközelítés egy ideiglenes pálya acéllemezt igényelt, amíg az időjárás eléggé felmelegszik ahhoz, hogy betonozni lehessen, de ez hónapokig tartott volna. Emellett, két javításért kellett volna fizetni, és kétszer kellett volna lezárni a hidat a forgalom elől. A könnyű súly szükségessége a legtöbb anyagválasztási lehetőséget kizárta.

A probléma megoldására a Composite Advantage előre gyártotta FRP paneleket javasolt, mechanikus kötéssel, amelyeket pályalemezként alkalmazva, az acél tartógerendákhoz csavaroz-



4. ábra. A Composite Advantage szálerősítésű polimer (FRP) *FiberSPAN* rendszere egy híd felújításnál.
(Forrás: Composite Advantage.)

tak. Az FRP beszállítónak mindössze 32 napra volt szüksége ahhoz, hogy a szükséges paneleket megtervezze, legyártsa, a helyszínre szállítsa és beépítse. Így a híd 2019 áprilisában újra megnyílhatott.

A javítások mellett a Composite Advantage új hídprojekteken is dolgozik. 2019 júniusában a Nevada Közlekedési Minisztérium (NDOT) és a Tahoe Közlekedési Körzet egy új, a vállalat FRP *FiberSPAN* rendszerének felhasználásával gyártott közös használatú utat nyitott meg a nevadai 28-as állami út mentén – egy kétsávos, hegyoldali utat, amely 18 kilométer hosszan halad a Tahoe-tó beépítetlen partvonalán.



5. ábra. Közös használatú út – a Composite Advantage FRP *FiberSPAN* rendszerének alkalmazásával épült. (Forrás: Composite Advantage.)

Harminckét darab 12 méter hosszú hídszakaszt építettek be. Ezek különböző típusú hidak voltak, alkalmazkodva a terepviszonyokhoz. Ennek az útnak a célja, hogy elviselje a forgalom várható növekedését, megvédje a terület ökoszisztémáját, és kezelje a korlátozott parkolási és biztonságos hozzáférési pontok problémáit. Az FRP megoldás könnyű súlya lehetővé tette a munkások számára, hogy megfeleljenek a régió egyenetlen lejtőin történő építkezés követelményeinek.

A híd pályalemezeken kívül a Composite Advantage kínálatában szerepelnek kompozit tartóoszlopok és ütköző rendszerek is, amelyeket az előregedő vízparti infrastruktúra helyreállítására használnak.

Az általuk gyártott tartóoszlopok magas szilárdságúak, alacsony súly mellett, ami azt jelenti, hogy szerkezetileg nagy teljesítményű tartókat tudnak készíteni. A Cape May Peninsula projektben a vállalat *FiberPILE* FRP rendszere képes volt felére csökkenteni a szerkezethez szükséges tartók számát, ezáltal jelentős költségmegtakarítás elérve.

Az AIT Bridges legújabb innovációja az a tartógerenda, amelyet az elmúlt három évben a Maine Egyetem Advanced Structure and Composite Centerrel közösen fejlesztett ki. Az U alakú tartó szálereősített, szendvics szerkezetű kompozitból készül, különböző méretekben. Ezeket a kompozit tartókat szabványos alapokra helyezve, előregyártott vagy helyben öntött beton pályalemezzel borítva, tartós hídszerkezetek alakíthatók ki. A gerenda mélysége és szélessége testre szabható a projekt helyszíni követelményeinek megfelelően; a maximális hossz 36,5 méter.

Az AIT Bridges szerint, hogy az U gerendás rendszer számos előnyt kínál a hídépítésben. A gyártási folyamat és a beépítés kisebb széndioxid-kibocsátást eredményez a hagyományos acél- és betongerendákhoz képest. A gerenda kevés karbantartást igényel, természetesen korrózióálló, és olyan anyagokból készül, amelyeket úgy terveztek, hogy ellenálljanak az időjárási kihívásoknak. A rendszer 50%-kal könnyebb, mint az acél és 75%-kal könnyebb, mint a betongerendák. Ez a súlycsökkentés lehetővé teszi a nagyméretű berendezések számának csökkenését az építkezésen, és csökkenti a szállítási költségeket.

Ez a tartószerkezet az iparágban a legalacsonyabb életciklusköltséggel rendelkezik, és sok esetben alacsonyabb kezdeti beépítési költségű, mint a hasonló acél és beton megoldások.

A vállalat kifejlesztett egy mobil kompozitgyártó egységet (MCMU) is, amelyet az épülő híd közelében lehet letelepíteni, és így a szükséges kompozit szerkezeti elemeket a helyszínen lehet legyártani. A 6 méter hosszú, önálló gyártóegység teljesen felszerelt a gyártáshoz szükséges

összes szerszámmal és berendezéssel, lehetővé teszi a helyi és méretezhető gyártást alacsony tőkeköltség mellett. Különösen a nagy méretű szerkezeti elemek esetén jelentős szállítási költséget lehet így megspórolni, amellett, hogy az építés rugalmasabban kiszolgálható. Ezek a gyártó egységek világszerte szállíthatók és telepíthetők.

Az infrastrukturális projektek korszerűsítését megfelelő és modernizált szabványrendszerrel is meg kell támogatni. Most, hogy az innovatív alapanyagok és technológiák körüli viták a kezdeti telepítési költségekről a szerkezetek teljes életciklus-költségére terelődtek, az infrastrukturális projektek alapanyagainak kiválasztásakor egyre gyakrabban kerül sor racionálisabb és objektívebb mérlegelésre. A könnyűszerkezetes építés miatt megtakarított időből és munkából származó költségmegtakarítás, valamint a szerkezetek alacsonyabb karbantartása és megnövekedett élettartama miatti hosszú távú költségmegtakarítás jelentős érvek a kompozit anyagok alkalmazása mellett az építőiparban és a közlekedési felépítményekben.



6. ábra. A hidakhoz való felhasználás mellett az AIT Bridges U kompozit tartórendszere parkolóházakhoz, padló- és tetőteraszokhoz és más építészeti alkalmazásokhoz is használható. (Forrás: AIT Bridges.)

Összeállította: Faurné Csukat Gabriella (Novia Kft.)

Francis S.: The growing role of composites in infrastructure – Composites World, 2020. március, <https://www.compositesworld.com/articles/building-bridges-with-composites>

Francis S.: AIT Bridges unveils composite tub girder bridge system – Composites World, 2019. augusztus, <https://www.compositesworld.com/news/-ait-bridges-unveils-composite-tub-girder-bridge-system>

Francis S.: Keeping things moving with FRP – Composites World, 2019. október, <https://www.compositesworld.com/articles/keeping-things-moving-with-frp>

Mason H.: FRP system used in Nevada shared-use path project – Composites World, 2019. augusztus, <https://www.compositesworld.com/news/frp-system-used-in-nevada-shared-use-path-project>
<https://www.whitehouse.senate.gov/imo/media/doc/IMAGINE%20Act%20Section-by-Section.pdf>