

Európában is korszerűnek számító villamospálya-szerkezetek és megoldások Szegeden

Fű-szál-erősítés

Európa modern városaiban a korszerű – gyors, biztonságos, környezetbarát, csendes és komfortos – közösségi közlekedés a jellemző és elvárt. A szegedi villamosközlekedés új és átépített vonalai több tekintetben is túlmutatnak a kontinensünkön üzemelő korszerű villamospálya-szerkezetek megoldásain.

■ Juhász Péter építésmérnök
Nagy József közlekedéscsővezető
üzemmérnök, üzemgazdász

A cikk aktualitását a szegedi 1. és 2. sz. villamosvonalak rövid időn belül történő műszaki átadás-átvétele, majd üzembe helyezése, és a már ez év eleje óta üzemelő 3. sz. villamosvonal üzemelési tapasztalatai adják. Magyarországi viszonylatban a Szegeden épült élő füves, automatikus öntözőberendezéssel ellátott villamospályák az első megépített környezetbarát, természetes rezgés- és zajvédelemmel ellátott zöldpályák. A dél-alföldi városban tervezett szerkezetek és anyagok felkeltették a lengyel és orosz mérnökök érdeklődését is.

Európában is egyedülálló

A Szeged 1–3 sz. villamospálya kivitelező konzorciumai megbízást adtak a Nagy és Társai Bt. Mezőberény tervezőirodának a FŐMTERV–Közlekedés Konzorcium által tervezett Rail Comfort System (RCS) és hagyományos keresztaljas rendszerű villamospálya egyes villamos vasúti felépítményeinek CDM rendszerű (gumiköpenyek közé ágyazott villamos sín) felépítményre történő áttervezésére.

- Szeged 2. villamosvonalában épült, 1–3. sz., műanyagszál-erősített, füvesített, CDM r. gumiprofilokkal körbeágyazott, zaj- és rezgéscsillapított kitérők.
- Szeged 2. villamosvonalában épült, nagy forgalmú, nagy teherbírású CDM r. gumiprofilokkal körbeágyazott, zaj- és rezgéscsillapító, vasalt műanyagszál-erősített bazaltbeton szintbeli útátjárók.
- Nagy forgalomnak kitett buszmegállók, vasalt műanyagszál-erősített bazaltbeton burkolattal.

- Szeged 2. villamosvonalába épült, I 80 korrozívvédelemmel ellátott, méretezett, a füvesíthető vágány gerendáit összekötő acél távtartó elemek.
- Szeged 1. villamosvonal C szakaszában a Széchenyi téren épült, NÁ 150 KG-PVC köpenycsőbe előre gyártott, méretezett, a füvesíthető vágány gerendáit összekötő elemek.
- Szeged 1. villamosvonal A, C szakaszában épült, japán gyártmányú, EPC BarChip 48 r. műanyag szerkezeti szálból készült, a vb. szerkezeteket kiváltó villamospálya-lemez CDM r. beágyazással.
- Szeged 1. villamosvonal A szakaszában épült, japán gyártmányú, EPC BarChip 48 r. műanyag szerkezeti szálból készült, a vb. szerkezeteket kiváltó villamoskitérő-pálya-lemez CDM r. beágyazással, elektromosan szigetelt kivitelben.

Megterveztuk

A kiegészítő kiviteli tervezést a vágány megtervezett alépítményének ellenőrzésével kezdtük, hogy a füvesíthető vágány gerendái a villamosforgalomból származó terheket fel tudják venni. A gerendákba CDM PREFERAIL (CDM) rendszerű, Ri 59 és P 37 A sínekhez alkalmas gumiköpenyeket építettünk be, melyek a rezgés- és zajcsillapításban töltenek be fontos szerepet. Igény volt a beruházótól, hogy a kitérőket is élő füves CDM r. felépítménybe építsük be, és a tervezett gyalogos- és kerékpáros-, valamint közúti átjárókban is CDM r. felépítmény épüljön. A vágány nyomvonalát megközelítő hírközlési aknáknak (2. vonal) és védett épületek (1. vonal) melletti vágányok CDM rendszerű rezgéscsillapított teknőbe épültek, amely teknők körbeveszik a villamospálya BarChip szálak lemezeit. A teknőlemezek EPC BarChip szálakkal kevert monolit beton szerkezetűek, a sarkainál acélbetét-erősítéssel, amelyet betonkompozitnak nevezünk el. A villamospálya segédszerkezetei, sínáramkő-



ri szekrényei, vágányvíztelenítő rácsok, aknák, aknafedlapok is a fenti pálya- és szerkezeti lemezekbe kerültek beépítésre. Ezen szerkezeteket a vágánygerendák és -lemezek dilatációs hézagainak elhelyezkedésével és a sínkiosztással szerkezeti összhangba hozva terveztük meg. A CDM hosszgerendák csatlakozása, továbbá a lemezszerkezetek és hosszgerendák csatlakozása méretezett egyedi gyártású és tervezésű erőátadó csúszóvasalással épült ki a dilatációs mozgás biztosítására. A füvesíthető vágánygerendák esetében a gerendavégek környékébe épülő gyalogos- és kerékpáros-átjárókat egyedi tervezésű csúszólemez megoldással építettük ki a 3-4 cm nagyságú gerendavégmovement kiküszöbölése céljából. Az egyes lemezes pályaszerkezetek méretezését a felmért forgalmi

terhelési osztály és járműterhek figyelembevételével, szakaszonként végeztük el.

Beépítettük

A vasbeton és acél- vagy műanyagszál-erősített beton villamos-alaplemezekre (melyekbe a villamossínek vannak beágyazva CDM r. gumiköpenyek közé) kerülő pályalemezek biztosítják a villamospályákon a közúti és a gyalogosforgalmat. Ezen szerkezetek lehetnek nagy teherbírású betonlemezek, természetes és mesterséges díszburkolatok és aszfaltburkolatok is. A villamospályáknál az alábbi szerkezeteket építettük be:

– Vasbeton hosszgerendák Ri 59 és P 37 A r. sínekhez, füvesített vágányokhoz.

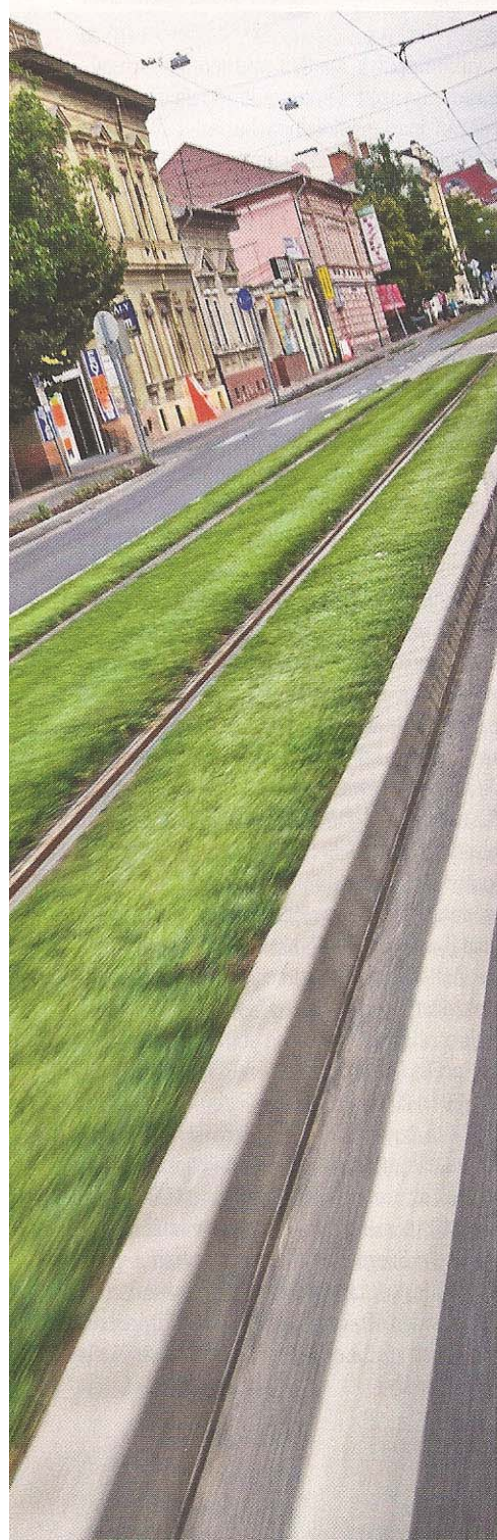
A műanyag EPC BAR-CHIP szálerősítésű szerkezetek műszaki előnyei, alkalmazási köre:

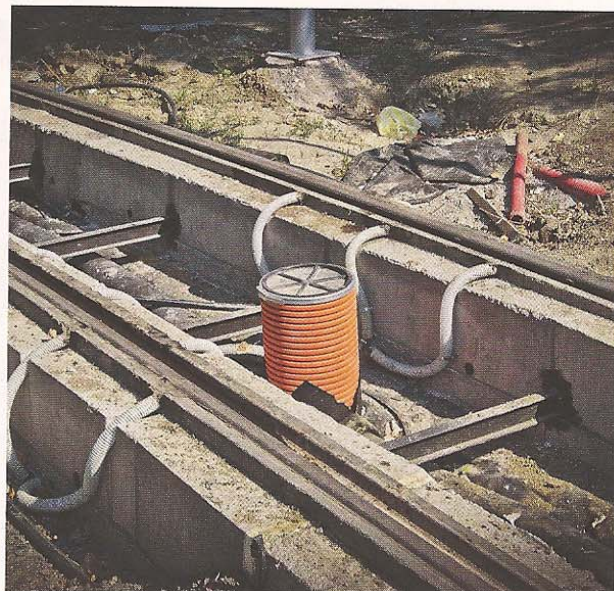
- Nincs kóboráram okozta korrózió, mint a vasbeton szerkezetekben, és kiküszöbölhető a sínszalak közötti rövidzárlat lehetősége.
- A műanyag szál tömegmennyisége a vasbeton-acél szerkezethez képest annak 8-12%-a, acélszál-erősítésű szerkezethez képest 10-15%.
- Nincs betontakarásból származó minőségi kifogás.
- Elmarad a betonvas szállítása, szerelése, hajlítása és a zsaluzathoz történő betontakarás beállítási igénye. Olcsóbb és gyorsabb kivitelezés.
- Növelhető a betonszerkezetek élettartama.
- Dinamikus (rezonens) terheléssel szemben ellenállóbb, mint a vasbeton szerkezetek.
- Bizonyos esetekben felfekvő lemez- és gerendaszerkezeteknél teljesen helyettesíti a vasbetéteket. Konzolos szerkezeteknél erősítő betonacéllal betonkompozitként is alkalmazható.
- A szerkezeti szálak alkalmazásával megszüntethető a lemez- és gerendaszálak repedezése, töredezése, felületi tászkásodás, lerepedt részek kipergése, elrepedt részek elválása.
- Az egyes rétegek (EPC alaplemez – bazaltbeton pályalemez) kapcsolata bekötő kenyelekkel és betonacél hálózattal vagy hosszvasakkal biztosítható. A kapcsolat a terheléstől függően tapadóhíd is lehet az egyes lemeztételek között szigetelt szerkezeteknél.
- A szál adagolásával megszüntethető a különböző eltérő mértékű egymásra épülő dilatációs mozgásból származó lemeztönkremenetel.
- Alkalmazható tönkrement pályalemezek átépítésre, javítására.
- Alkalmazható nagyvasúti pályaszerkezeteknél, úttájáró paneleknel, egyedi lemez- és gerenda-pályaszerkezeteknél, alapozásoknál.

- Műanyagszál-erősítésű szigetelt kitérők és pályalemezek nagy szilárdságú műanyag háló megerősítéssel füvesített kivitelben.
- Műanyag mikroszál erősítéssel ellátott vasalt bazaltbeton burkolat villamos- és útpályáknál buszmegállóknál, átjáróknál.
- Vasbeton hosszgerendákra épülő aszfalt- és térkő burkolatú gyalogos- és kerékpáros-átjárók.
- Acélszál-erősítésű lemezbe épülő kitérők aszfaltburkolattal.
- Acélszál-erősítésű lemezbe épülő kitérők műanyag mikroszál erősítéssel ellátott vasalt bazaltbeton burkolattal.
- Acélszál-erősítésű lemezbe épülő vágány aszfaltburkolattal.
- Acélszál-erősítésű lemezbe épülő vágány műanyag mikroszál erősítéssel ellátott vasalt bazaltbeton burkolattal.
- EPC BarChip műanyag szerkezeti szálerősítésű lemezbe épülő vágány mikroszál-erősítéssel ellátott vasalt bazaltbeton burkolat.
- EPC BarChip műanyag szerkezeti szálerősítésű rezgécscillapított teknőbe épülő vágány mikroszál-erősítéssel ellátott vasalt bazaltbeton burkolattal.
- EPC BarChip műanyag szerkezeti szálerősítésű lemezbe épülő kitérők és szigetelt vágányszakaszok mikroszál-erősítéssel ellátott bazaltbeton burkolattal tapadó híddal.
- EPC BarChip műanyag szerkezeti szálerősítésű lemezbe épülő vágányszakaszok természetes kőburkolattal.

Követelmények, lehetőségek

A füvesített felépítmény RAFS r. kialakítása előzményeként meg kellett határozni a beruházó által támasztott követelményeknek (tűzállóság, rezgécscillapító hatás, rugalmas összenyomódás, kóborárammal szembeni védelem, építési és építhetőségi technológia, tartósság, üzem közbeni fenntarthatóság, valamint a bekerülési építési költség) legjobban megfelelő honosított rendszert. A kiválasztás során a szóba jöhető általánosan ismert rendszerek (ORTEC ISOLAST, CDM, GANTREX, EDILON) áttekintése után a CDM rendszer tervezését tartottuk legmegfelelőbbnek a pályaszerkezetek kialakítására vonatkozó szabványok és városi vasutakra vonatkozó előírások, jogszabályok, utasítások, s nem utolsósorban a beruházó és az üzemeltető igényei alapján. A CDM rendszerű füvesített villamospálya Nyugat-Európában már megépült szerkezeti keresztmetszeti méreteiben robusztusabb kialakításúak, mint az általunk tervezett szerkezetek, és az egyes hosszgerendákat összekötő elemek szintén monolit vasbetonból készültek. Ezen keresztmetszetek alkalmazása jelentős többletköltséget okozott volna. Ezért a gerenda-keresztmetszeteket a hazai honosí-





tott szabványok és előírások figyelembevételével, méretezési eljárásokkal csökkentettük, optimalizáltuk. A Belgiumban alkalmazott vb. gerendákat összekötő vb. monolit szerkezetek helyett I 80 acéltartókat alkalmaztunk. A fűvesített szakaszokon a szivárgókat a vágánytengelybe helyeztük el, és a gerendákba vízátvezető csövek biztosították a lemezek víztelenítését. Ennek figyelembevételével a CKT – 4 erősített alépitményt a vágánytengelyek felé lejtettük, ahol a felépitményi szivárgócsövek elvezetik a csapadékvizet.

A hatályos jogszabályok, szabványok és utasítások nem rendelkeznek a villamosvágányok élettartamáról. Ezért a főbb szerkezetek tervezhetőségének érdekében a hatóságokkal és szakértőkkel történt egyeztetések alapján 35 évben határoztuk meg a teherhordó és földdel takart szerkezetek élettartamát. Ez főleg az I 80 tartó korrózióvédelmének, a pályalemezek és gerendák, útátjárók tervezése során volt fontos. A tervezés során nagy figyelmet fordítottunk a hézag nélküli vágányok gerendáinak és lemezeinek dilatációs kérdéseire. Fűvesített vágány hosszgerendái gátoltan végeznek hőmozgást, dilatációt, a sínek hézagmentes kialakítása nem ad lehetőséget a mozgásra. Az 50 m max. hosszúságú vágánygerendák 3-4 cm nagyságú hőmozgását egyedi tervezésű iker dilatációs szerkezettel biztosítottuk.

A nagy forgalmi és járműterhelésnek kitett szintbeli közúti átjárók a Szeged 1–3. sz. villamospályánál alsó vasbeton teherhordó lemezes kialakításúak, melyekre 10 cm vtg., az alsó lemezhez vasalással kapcsolt műanyag-szál-erősített bazaltbeton burkolat épült. A bazaltbetonba a tervekben előírt mikroszálakat keverték a telegen, amely szálakat a betonszerkezetekben a kezdeti mikrorepedések keletkezését akadályozzák meg, valamint a szálak részt vesznek a terhelésből származó feszültségek egy részének felvételében is. Így nagyobb élettartamú szerkezet épült. Az átjárólemezek

A fejlesztésben és tervezésben részt vevő szakemberek

Szerkezet- és közlekedéstervező:

Nagy és Társai Bt., vezető tervező Nagy József
Statika: Juhász Károly Péter

A szerkezetek tervezésében a CDM Kft., Horváth Zoltán rendszermérnök nyújtott segítséget.

A tervezés csak a szerkezettervező és a statikus tervező, a mérnök, a beruházó és a kivitelezők közös együttműködésével, kockázatvállalásával, magas fokú konstruktív szakmai hozzáértésével volt megvalósítható.

útburkolat felőli széleinél az aszfaltburkolatok átrepedésmentes kialakításához úszólemezek épültek 25 cm szélességben. Az úszólemezekre aszfalthálót építettünk be, és olvadó tömítőszalagot az aszfaltburkolat és betonlemez hézagmentes csatlakozásaihoz.

Az EPD műanyag szálas betonszerkezetekbe BAR-CHIP 48 műanyag szálat adagoltunk, amelyből 4-5,5 kg/m³-t kevertünk a betonba; ezzel 55-75 kg/m³ acélbetét váltható ki.

Ugyancsak előzetes tapasztalatok híján terveztük meg a CDM rendszerű, kis sugarú fűvesített pályáivékbe kerülő sínkenőket, és az azokból kiáramló kenőolaj felfogását a környezetvédelmi jogszabályok betartásával.

Az EPC BarChip 48 műanyag szálak

A műanyag szerkezeti szálak tervezésére és beépítésére Európában még nincs példa. Az EPC BarChip japán gyártmányú szálakat Japánban és Angliában építették be nagy sebességű vasúti pályáknál, műtárgyaknál, s Chilében útburkolatok felújításánál erősítő és kopórétegek alkalmazásában. Hazánkban nincs előírás, szabvány a szerkezeti szálak tervezésére, számítási módjára.

A villamospálya statikai szempontból rugalmasan ágyazott lemezszerkezet, így méretezése az ipari padlókéhoz hasonló, illetve az jó kiindulási alapnak tekinthető. A szálerősítésű ipari padlók méretezésének „bibliája” az angol TR34-es irányelv (The Concrete Society, 2003), amely a JSCE-SF4 (Japan Society of Civil Engineers, 1985) műszaki előírásban definiált Re3 értéket használja fel a képleteiben. Ezt az értéket úgy is nevezi, mint a duktilitás (energiaelnyelő képesség) mérőszáma. Ezt az Re3 értéket leginkább a hozzáadott szál mennyisége és a beton minősége határozza meg, amihez a gyártó szolgáltat kiindulási adatokat. A helyszíni próbakeverés után a BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék Szerkezet- és Anyagvizsgáló Laboratóriumában a mintagerendákat eltörtük, és meghatároztuk az Re3 számokat. A tesztek igazolták a számításban felvett értékeket. A méretezés során figyelembe vettük a villamosok és buszok dinamikus terheit, majd az Eurocode szerint teherbírási, használhatósági és fáradási határállapotban ellenőriztük. A végeelem-számítás a RILEM TC 162-TDF (RILEM, 2003) ajánlásai alapján felvett anyagmodellel történt.

Fontos kiemelni: a szintetikus makroszálak nem azonosak a kezdeti repedések kialakulását megakadályozó mikroszálakkal. A villamospályánál használt BarChip 48 szintetikus szál makroszál, azaz statikailag méretezhető. A szintetikus makroszálakat a legújabb irányelvek elfogadják, acélszállal egyenértékűnek tekintik (CNR-DT 204, 2007; Richtlinie Faserbeton, ÖVBB, 2008). A legújabb 3 éves fáradási vizsgálatok kimutatták, hogy a fáradási tulajdonságaik hasonlóak az acélszálakéhoz (Attree, 2011).

A BarChip szintetikus szerkezeti szál alkalmazása a Szeged 1. villamospályában a gyártó, az Elasto Plastic Concrete japán–ausztrál cég elismerését is kivívta, mivel Európában ez volt az első beépített EPC szállal erősített villamospálya.