



1. ÁBRA. Az Által-ér-híd próbaterhelése a legnagyobb, 105 tonnás teherrel: Leopard 2A7HU harckocsit szállító trélerrel (Forrás: Mák Benedek felvétele)

HAJÓS BENCE*

KÖZÚTI HÍD KÍSÉRLETI CÉLÚ PRÓBATERHELÉSE LEOPARD 2A7HU HARCKOCSIVAL

Összefoglalás: Hazai és nemzetközi szempontból is ritka eseménynek számít egy civil közúti híd próbaterhelése katonai járművekkel. A Leopard 2A7HU harckocsival és az azt szállító trélerrel végzett próbaterhelés számos tapasztalatot nyújtott a közúti hidak katonai teherbírás-értékeléséhez (új feladatként jelentkezik a korábbiánál lényegesen nehezebb eszközök mozgása különböző hidakon át). A sikeres, tudományos célú próbaterhelés adatokat nyújt a katonai lánctalpas járműveknél alkalmazható dinamikus tényezők felvételéhez, egyúttal jól illusztrálta a híd teherbírását is.

Kulcsszavak: híd, próbaterhelés, STANAG 2021, Leopard 2 harckocsi, dinamikus hatás

Abstract: A test loading of a civilian road bridge by military vehicles is a unique event, both nationally and internationally. A test load with a Leopard 2A7HU tank and a trailer carrying it provides a wealth of experience for evaluating the military load capacity of road bridges. A new task is the movement of significantly heavier-than-before military equipment across river bridges. The successful scientific test load provides data for the inclusion of dynamic factors applicable to military tracked vehicles, while at the same time illustrating the bridge load capacity.

Keywords: bridge, test load, STANAG 2021, Leopard 2 MBT, dynamic impact

BEVEZETÉS

2024. november 27-én a Komárom-Esztergom vármegyei Kecskéd határában kísérleti célú közúti próbaterhelést végeztünk katonai járművekkel.

A tudományos célú mérésorozat a Nemzeti Közszerződési Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskoláján készülő kutatáshoz kapcsolódik, amelynek célja a STANAG 2021 [1] hazai

gyakorlati alkalmazásához szükséges részletszabályozások támogatása.

Korunkban katonai járművekkel, különösen lánctalpas eszközökkel polgári közúti híd próbaterhelésére alig találunk példát. [2] Terheléshez a nehéz haditechnikai eszköz helyszínre szállítása lényegesen összetettebb feladat, mint civil járművek használata. Azonban a katonai és a civil járművek eltérései miatt katonai műszaki szempontból sokkal értékesebb eredményeket nyerhetünk, elemezve a harckocsi koncentrált terhelésének hatását és a lánctalpas járműfelfüggesztés igen kedvező dinamikai tulajdonságait is.

A HIDAK PRÓBATERHELÉSÉRŐL

A hidak próbaterhelése egyidős a hídépítés történetével. Tervezésüket évszázadokon keresztül tapasztalati alapon végezték. A hídépítők a kísérletezésekre és különböző teherpróbákra, illetve már megépített és

* Hidásmérnök, Év hidásza 2012, Nemzeti Közszerződési Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0009-0008-8621-470X

¹ Például a kaposvári Cseri úti Kapos-híd próbaterhelését 1960-ban egy T-34-es harckocsival végezték el sikeresen.



üzemelő hidak építési tapasztalataira alapozták ismereteiket.

A hidak mechanikaalapú számítása, méretezése előtti időkben a megépített hidak megfelelőségét számos alkalommal próbaterheléssel ellenőrizték, igazolták. Római korból ismert szokás volt, hogy a híd építését próbaterheléssel fejezték be úgy, hogy a hídépítést vezető beállt a híd alá. Ez egyúttal minőségbiztosításnak is megfelelt, életbe vágóan ösztönözve a hídépítőt a megfelelő eredményre. Másrészt megspórolhatták az esetleges „minőségi kifogást” követő felelősségre vonás fáradalmait.

Az alkalmazott mechanikai ismeretek a 19. század első felében kezdtek el gyors ütemben bővülni. A Széchenyi lánchíd építésekor még csak a húzó- és nyomófeszültséget ismerték, ezeket számolták. A hajlítás, nyírás fogalma ekkor még ismeretlen volt. Amit akkor még számítani nem tudtak, azt kísérletek és teherpróbák alapján tervezték meg. [3]

A mechanikai ismeretek fejlődése mellett ma, a számítógéppel támogatott tervezés korában is fontos eszközünk maradt a próbaterhelés. Próbaterhelést kell végezni jogszabály szerint a nagyobb közúti hidak forgalomba helyezése előtt, amit az illetékes közlekedési hatóság ellenőriz. [4] Jellemzően az 50 m támaszköznél [5] nagyobb új közúti hidak építésénél végeznek próbaterhelést, amely során ellenőrzik a híd statikus és dinamikus viselkedését is. Fontos hangsúlyozni, hogy a próbaterhelés nem a híd teherbírását hivatott igazolni, hanem

a híd erőtanai számításának helyességét. Éppen ezért minden esetben a próbaterhelés elválaszthatatlan része az előzetes hídvizsgálat és számítás, amikor meghatározzuk a terhelés során várható értékeket. [6]

A katonai hídépítést szabályozó műszaki utasítás is előírja a hidak átvételéhez azok próbaterhelését: „A híd és az odavezető utak szilárdságát próbaterheléssel ellenőrizzük. A próbaterhelés első ütemében legalább háromszor át kell engedni a hídon a számított terhelés felét, majd legalább háromszor a híd számított teherbírásának megfelelő terhelést”. [7] A katonai szabályozás a próbaterhelést egységesen előírja valamennyi híd esetében, mérettől függetlenül.

A polgári hídüzemeltetésben alkalmazzuk a próbaterhelést hídvizsgálatokhoz kapcsolódóan is, igaz, lényegesen kevesebb esetben. Hídvizsgálatok részeként két jellemző helyzetben nagy segítség a próbaterhelés végrehajtása. Egyik, amikor egyéb módon nem bizonyítható a híd feltételezett erőjátéka (például a számításhoz nincs elegendő adat, a hibák, károsodások hatása ismeretlen, a számítási és a használati tapasztalatok nagyon eltérőek). [8] Másik eset, tipikusan nagyon magas kihasználtság szerkezeti elemek esetén, amikor a számítási modell egyes bemeneti paramétereit kívánjuk a próbaterhelési eredményekkel pontosítani, a modellezést validálni.

Végezetül a próbaterhelések közé sorolhatjuk azon katonai alkalmazást, direkt próbát is, mikor elégséges felderítési adatok hiányában, harcászati helyzetben előreküldött harckocsival lehet csak megbizonyosodni egy híd teherbírásáról.

KÖZÚTI HIDAK KATONAI TEHERBÍRÁSI ÉRTÉKELÉSE

A NATO egységes hídteherbírás értékelését szolgálja a STANAG 2021. A rövid egyezmény szakmai tartalmát az AEP-3.12.1.5 NATO-kiadvány [9] tartalmazza, amelynek címe: Hidak, kompok, tutajok és katonai járművek katonai teherbírasi osztályozása. Az egyezmény és a szabvány angol és francia nyelven készült, hivatalos magyar fordítása nincsen.

Az egyezmény és a mögöttes szabvány legújabb kiadása 2024. november

26-án jelent meg, jelentős módosításokkal felváltva a 2017-ben megjelent előző változatot.

E szabvány szerinti katonai teherbírasi besorolási rendszer (MLC = Military Load Classification) – figyelembe véve a katonai és polgári közlekedés eltérő jellegzetességeit – a katonai mobilitás szempontjából jellemzően kedvezőbb teherbírasi besorolást ad, mint a polgári terhelési osztály.

A közúti hidak MLC-értékének meghatározásához szükséges paramétereket minden alkalmazó országnak magának kell megállapítania saját hídállományának tulajdonságai alapján. Ezek közül legfontosabb a biztonsági és a dinamikus tényező megválasztása.

Az MLC-besorolás módszere többféle lehet a közelítő módszerektől a részletes erőtanai vizsgálatig és az ahhoz kapcsolódó próbaterhelésig.

KÍSÉRLETI PRÓBATERHELÉS

A Kecskéd határában elvégzett próbaterhelésünk előkészítésekor, a hídszerkezet kiválasztása során három szempontot vizsgáltunk. Legyen lehetőleg minél közelebb Tatához, csökkentve a katonai szállítási távolságot, ezáltal a szállítási időt és költséget is. Legyen minél nagyobb nyílású a hídszerkezet, hogy a terhelt híd lehajlásai könnyebben mérhetők legyenek. Az utolsó

2. ÁBRA. Pontos pozícióba irányítás statikus méréshez (Fotó: dr. Szőke Linda főhadnagy / MH Klapka György 1. Páncélosdandár)



szempont pedig az volt, hogy a híd ne legyen túl frekvenciált helyen, vagyis a híd környezete, az áthidalt akadály legyen alkalmas a szükséges mérés-technika elhelyezésére.

A mérési sorozatot az éjszakai órákra ütemeztük, törekedve arra, hogy a lehető legkisebb mértékben zavarjuk a civil közúti forgalmat. Próbaterhelés közben pedig a mérési sorozatokat úgy ütemeztük, hogy a néhány, késő esti órában közlekedő menetrendszerű autóbust mérési szünetekben, késedelem nélkül tudjuk a hídon átengedni.

A méréshez kiválasztott Által-ér-híd 1965-ben épült. Szerkezete innovatív, hazánk egyetlen felső keresztkötés nélkül tervezett, egynyílású monolit vasbeton alsópályás ívhídja, utófejezt vasbeton pályalemezzel. A híd támaszköze 37 m. A híd átadásakor, 1966-ban próbaterhelést végeztek, ennek eredményeit az előzetes számításokhoz figyelembe tudtuk venni.

A hídon 1988-ban szigeteléscsere, 2011-ben teljes felújítás történt. Legutolsó fővizsgálata 2021-ben zajlott le, eszerint a híd állapota megfelelő, amit megerősített a próbaterhelést megelőző saját ellenőrzésünk is. A híd tervezési teherbírása az 1956. évi hídszabályzat szerinti B-jelű. [10]

A hatályos jogszabályok és civil szakmai normák szerint elkészítettük a próbaterhelési tervet. [11] A híd szükséges teherbírását és a várható alakváltozásokat a biztonság kedvéért két független módszerrel is kiszámítottuk. Igazoltuk a híd teherbírását

a műtárgy eredeti, kézi számítású erő-tani számítása alapján és ettől teljesen függetlenül a napjainkban használatos háromdimenziós térbeli végelelemes modellszámítással is, AXIS VM X5 szoftver segítségével.

A próbaterhelési tervet az illetékes közlekedési hatóság jóváhagyta, majd beszereztük a híd kezelőjének, a Magyar Közút Nonprofit Zrt.-nek közútközlekedési hozzájárulását is. Katonai oldalról a Honvédelmi Minisztérium kérésére a Honvéd Vezérkar engedélyezte a próbaterhelést, annak végrehajtását az MH Klapka György 1. Páncélosdandárnak adva ki feladatul.

A mérési helyeket és módszereket az építéskori próbaterheléssel azonosan határoztuk meg, biztosítva az összehasonlítás lehetőségét is. Kilenc pontban mértük a híd pályalemezének függőleges elmozdulását: nyílások negyedeiben és a nyílás közepén, mindkét főtartó ív síkjában és a híd tengelyvonalában. A hídnak nincsenek sarui, így a saruk elmozdulását, összenyomódást nem kellett vizsgálni. A mérés-technika számítógéppel vezérelt induktív elmozdulásmérő rendszere biztosította az építéskori mikrométerórás méréssel azonos pontosságot (0,06 mm), de alkalmas volt dinamikus mérés készítésére is, amelyhez 60 Hz mintavételi gyakoriságot alkalmaztunk.

A terhelési program szerint egy civil (mezőgazdasági traktor) és háromféle katonai terhelést alkalmaztunk (üres nehézgépszállító-tréler, Leopard

2A7HU harckocsi, harckocsival megrakott szállítótréler).

A mérés-technika telepítése után először a referenciamérésnek szánt, 22 tonna össztömegű mezőgazdasági járművel készítettünk statikus és dinamikus mérési sorozatot. Ennek célja a mérési rendszer tesztelése, ellenőrzése mellett az volt, hogy a katonai járművek mérési eredményeit a civil járművel is össze lehessen hasonlítani.

A katonai járművek mérését az üres, 42 tonna össztömegű, 10 tengelyes szállítótrélerrel kezdtük meg, mértékadó helyeken mérve a hídtengelyben a statikus lehajlásokat. Később az üres járművel dinamikus gyorspróbákat is készítettünk különböző áthaladási sebességekkel.

A próbaterhelés leglátványosabb része a 63 tonna össztömegű Leopard 2A7HU harckocsival végzett teherállások voltak. A mérési programban kilenc pozícióban vizsgáltuk a híd statikus alakváltozását: negyedekben és a híd közepén mértékadóan elhelyezett harckocsival. Keresztirányban háromféle helyzetben terheltek a hidat, először a híd szempontjából legkedvezőbb hídtengelyben lévő teherrel, majd a harckocsit teljesen a kifolyási oldali (északi) szegélyhez helyezve, végül a befolyási (déli) szegély melletti pozícióban. A harckocsival végzett méréseket a dinamikus gyorspróbával folytattuk, amikor megállás nélkül haladt át a katonai jármű a hídon.

A mérési program kiemelt célja volt a dinamikus hatás elemzése, amit Anthony Everitt 2019. évi mérési módszerét követve végeztünk el. [12] Sima burkolaton mért áthaladás után a kocsi pályára keresztirányba pallóakadályokat helyeztünk, ezzel mintegy 4 cm magas akadályokat képezve. A mérési tapasztalatok igazolták az előzetes várakozásokat, hogy a lánctalpas jármű dinamikus többlethatása töredéke a gumikerekes járművékének.

A mérési program befejező mérése a megrakott katonai szállító jármű áthaladása volt, 105 tonna össztömeggel (1. ábra). Az átbocsátott 105 tonna lényegesen meghaladta a híd nyílvántartási teherbírási értékét (40 tonna). A teherbírás igazolása mégis lehetséges volt a civil és katonai szabványok szerint alkalmazható különleges feltételekre tekintettel, amit előzetesen a rész-

3. ÁBRA. Üres szállítótréler statikus terhelése hídtengelyben (Fotó: Kapin Benedek)



4. ÁBRA. Dinamikus gyorspróba 4 cm magas pallóakadályokkal (Fotó: dr. Szőke Linda főhadnagy / MH Klapka György 1. Páncélosdandár)



letes erőtanai számításokkal igazoltunk. A befejező, legnagyobb terhelés előtt az addig elvégzett mérési eredmények gyors kiértékelésével ellenőrizni tudtuk a hídszerkezet feltételezett viselkedését. Mivel a kisebb terhelésekkel végzett mérések igazolták a számítások helyességét, el tudtuk végezni a befejező, 105 tonnás dinamikus mérést is.

ÖSSZEGZÉS

A civil közúti híd Leopárd harckocsival végzett próbaterhelése sikeresen illusztrálta a STANAG 2021 szerinti MLC-besorolással biztosítható, a civil nyilvántartásánál kedvezőbb katonai teherbírás-besorolást, ami hatékonyan segíti a katonai mobilitást. Ez különösen fontos annak fényében, hogy az új beszerzésű nehéz haditechnikai eszközök lényegesen nehezebbek, mint a régebben alkalmazott szovjet harcjárművek.

A mérési program jól szolgálta a tervezett célt, a láncaltapas járművek dinamikus hatásának pontosabb, teherbírás szempontjából kedvezőbb meghatározását. A dinamikus tényező felvételét szolgáló kísérleti méré-

sek elsősorban a nehéz haditechnikai eszközök szempontjából lesznek előnyösek, adott esetben akár 20-30%-kal is növelve az adott hídon megengedhető katonai hasznos terhelést, a STANAG 2021 szerinti MLC-besorolást.

A próbaterhelés részletes feldolgozása és a rögzített, közel egymillió mért lehajlásérték elemzése várhatóan további tudományos eredményekkel fog szolgálni. A próbaterhelés részletes elemzését követően érdemes a megkezdett kísérlet folytatása, így például vizsgálva több katonai jármű együttes hatását, vagy összetett hídszerkezet viselkedését katonai terhelés hatására.

A KUTATÁS TÁMOGATÓI

Ezúttal is köszönöm a Magyar Honvédség Klapka György 1. Páncélosdandár (katonai terhelő járművek, katonai biztosítás), a Magyar Közút Nonprofit Zrt. (terhelő járművek szabványos mérlegetése), a FAÉK Méréstechnika Kft. (mérés-technika), a Cardium Kft. (segédszerkezetek) és Rák Dominik (mezőgazdasági terhelő jármű) önzetlen támogatását, segítségét a próbaterhelés zökkenőmentes végrehajtásához.

HIVATKOZÁSOK

- [1] STANAG 2021 Standardization Agreement, Military Load Classification of bridges, ferries, rafts and vehicles. Edition 9, 2024.11.26.
- [2] Nagy Zoltán: Hídavatás páncélossal (Kaposvár 1958-ban). <https://kaposvarmost.hu/blog/esztendoknek-vandorutjan/2020/08/15/hidavatas-pancelossal-kaposvar-1958-ban.html> (Letöltve: 2025.01.27.)
- [3] Hajós Bence: Első Lánchíd eredeti erőtanai számítása – Detail calculation of the Suspension Bridge between Pest and Buda. Lánchíd füzetek 32. Első Lánchíd Bt., Biri, 2022, 112.
- [4] 1/1999. (I. 14.) KHVM rendelet a közúti hidak nyilvántartásáról és műszaki felügyeletéről.
- [5] e-UT 08.01.25: 2019/M1:2024 Ütgyi Műszaki Előírás, Közúti hidak nyilvántartása és műszaki felügyelete. 26.
- [6] Havasi Zoltán et al.: A hídelőőrök szerepe a mozgásszabadság fenntartásában. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 2, 2000, 115–123.
- [7] Utasítás az alacsonyvízi hadihidak építésére Mű/8 Honvédelmi Minisztérium, 1967, 548. pont, 308.
- [8] e-UT 08.01.61: 2002 Ütgyi Műszaki Előírás, Hídvizsgálat I. Megépült közúti hidak teherbírás-vizsgálata. 11.
- [9] AEP-3.12.1.5 NATO Standard Military Load Classification of bridges, ferries, rafts and vehicles. Edition B Version 1, 2024.11.01. Allied Engineer Publication (Szövetséges Műszaki Kiadvány).
- [10] Az 1956. évi hídszabályzat B-jelű terhelése egyetlen 30 tonna össztömegű láncaltapas járműből és a híd teljes felületét egyidejűleg terhelő 300 kg/m² egyenletesen megoszló terhelésből áll.
- [11] Hajós Bence: Próbaterhelési terv a kecskédi Által-ér-híd próbaterheléséről 8155 j. út 0+118 km szelvényében (törzsszám: P5613). Első Lánchíd Bt. tervszám: G014-P-1/2024. 2024.
- [12] Everitt, Antony: Dynamic load effects of tracked and wheeled military vehicles from bridge load testing. A Thesis Submitted to the Division of Graduate Studies of the Royal Military College of Canada, MASc Thesis Document. 2019.