

REGIONÁLIS VAGY HELYI JELLEGŰ NAGYFORGALMÚ CSOMÓPONTOK FELÚJÍTÁSI TECHNOLÓGIÁI

RENEWAL TECHNOLOGIES OF REGIONAL OR LOCAL ROADS JUNCTIONS

BENCZE ZSOLT MSc

tudományos munkatárs – KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.

Út- és Hídügyi Tagozat Ellenőrzési Iroda

PhD-hallgató – Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Doktori Iskola

Abstract

The fate of a region – development or decline – may be determined by the mobility of residents and the level of access they have to serve the industry and trade. The development of road construction has been continued in the XXI. Century. Besides the new types of technologies appeared the maintenance requirements, which consider the national economic factors too. Because of the continuing budget constraints the metrics of the road network continuously deteriorating. The deteriorated features situations are particularly relevant in the fundamental conflict points of the network: in the junctions. Their design, construction and maintenance have come to the level that we can talk about a new generation solution. They have more cost effective and economic efficiency indicators than the previous solutions. The research summarized the new procedures that were applied recently in our country. We've covered those experiences that can be made more precise control.

1. Bevezetés

Az emberiség fejlődésének egyik alapköve a gazdaság fejlődése, fejlesztése. A gazdasági fejlődéssel párhuzamosan a kereskedelem is fejlődik, amelynek alapvető igénye, hogy az infrastrukturális megoldások is lépést tartsanak az igényekkel.¹ A történelem során az egyes jövedelemforrások azonban komoly kockázatot is jelentettek az adott régióra, településre nézve. Így a vagyonosodás mértéke nem tükröződött a tágabb értelemben vett környezeten és infrastruktúrán, hanem adott esetben a várfalakon belül maradt érthető biztonságpolitikai indokok miatt.² Az első jelentősebb infrastrukturális beruházást, amely birodalmi mértéket öltött, a perzsák indították el. A királyi hadiutak fontossága és burkolt védelempolitikai veszélye hamar megmutatkozott,³ amely szintén nyomon követhető a római birodalom történelme során.⁴ A középkori, újkori és legújabb kori történelem során is megmaradtak ezek az alapelvek.⁵ A XX. század elején a motorizáció megjelenésével a gyorsabb közlekedési forma magával hozta az infrastruktúra, ezen belül az útépités fejlődését is. Az utak szerkezeti kialakításának változása az újabb és újabb gépjárművekhez, illetve a forgalom nagyságához igazodott.⁶ A pályaszerkezetek és az utak geometriai kialakítása kezdetben csak az utakra vonatkozott. Az utak találkozásánál kialakuló csomópontok szerkesztésével sokáig nem foglalkoztak, majd a jelentkező problémákra megoldásokat kerestek, illetve javasoltak.^{7,8,9} A csomópontok kialakításának fontosságára a bekövetkező balesetek hívták fel első sorban a figyelmet. A balesetek okainak elemzése során több olyan kérdés is felmerült, amelyek egyre nagyobb hangsúlyt kapnak jelenkorunk útter-

vezésében. A porosz rendszerű csomópont kialakítások helyett egyre nagyobb hangsúlyt kapott az angolszász területen kialakult körforgalmi megoldás.¹⁰ Az új szerkezeti kialakítású csomópontok megjelenését követően hatástanulmányok is készültek, amelyek alátámasztották, hogy a körforgalom, megfelelően kialakítva, csökkenti a balesetek számát az adott csomópontban.^{11,12} A csomópontok pályaszerkezeti méretezése a főpályákhoz hasonlóan az átlagos napi forgalom (továbbiakban: ÁNF) alapján kerül meghatározásra.¹³ A különböző szerkezeti, illetve geometriai kialakítások azonban eltérő igénybevételeket generálnak az adott pályaszerkezetben, amelyek oda vezettek, hogy az eddig megvalósult pályaszerkezeti megoldások helyett új generációs kivitelezési és felújítási technológiákról lehet már beszélni.

2. A csomópont-kialakítás műszaki háttérnek rövid ismertetése

A csomópontok geometriai kialakítását az ÚT 2-1.201:2008 Közutak tervezése (KTSZ) Útügyi Műszaki Előírás szabályozza.¹³ A forgalom nagyság szerinti kialakítás, amelyet az ÁNF alapján határoznak meg az ún. egységjármű mértékegységre épül. Az egységjármű egy olyan képzett mutató¹⁴ (1. táblázat), amely azt mutatja meg, hogy az adott összetételű forgalom – amely lehet: kerékpáros, motoros, személygépkocsis, kis-, közepes, és nehézteher, valamint buszos és pótkocsis, illetve nyergesvontatós vagy különleges járműből – mennyi személygépkocsinak felel meg. Az átszámítási szorzót az alapján állapítják meg, hogy az adott típusú gépjármű mekkora mértékben veszi igénybe az adott útszerkezetet. Ezt az összehasonlító mérőszámot először az AASHO-kísérletek alapján¹⁵ állapították meg az Egyesült Államokban. A kísérlet költséges ezért nagyon ritkán kerül sor az újabb pályaszerkezetek vizsgálatára. A legutolsó ilyen összehasonlítást 2009-ben végezték el az európai unió által finanszírozott SPENS projekt keretében, amely kifejezetten a kisforgalmú utakkal foglalkozott a régiókban.¹⁶ Az eredmények alapján megállapítható, hogy az átszámítási szorzók globálisan megfelelő mértékek, de projekt szinten pontatlanok. Ezen pontatlanságot azonban felesleges lenne megszüntetni, mert a forgalom fejlődésének meghatározása szintén egy globális mérnöki értelemben vett becslés. Így az egyes eltérő pályaszerkezetekből adódó különbségek a biztonság javára történő tévedések, amelyek már több nemrégiben befejezett projekt felülvizsgálatánál is bizonyosodtak.¹⁷ Az egységjárműre történő átszámítás azért fontos, mert ezzel az adott út, illetve kereszteződés kapacitását lehet egységes rendszerben vizsgálni. A kapacitás szintén fontos szempont, amely a balesetek kialakításával szoros összefüggésben van.¹⁸

1. táblázat. Az egyes kategóriák átszámítási szorzói

[Forrás: Cseffalvai Mária et al. (2005): ÚT 2-1.118.2005 Közutak távlati forgalmának meghatározása előrevetítő módszerrel Útügyi Műszaki Előírás, MAÚT, Budapest, M2.1. táblázat 19. oldal]

Table 1. The conversion coefficients for each category

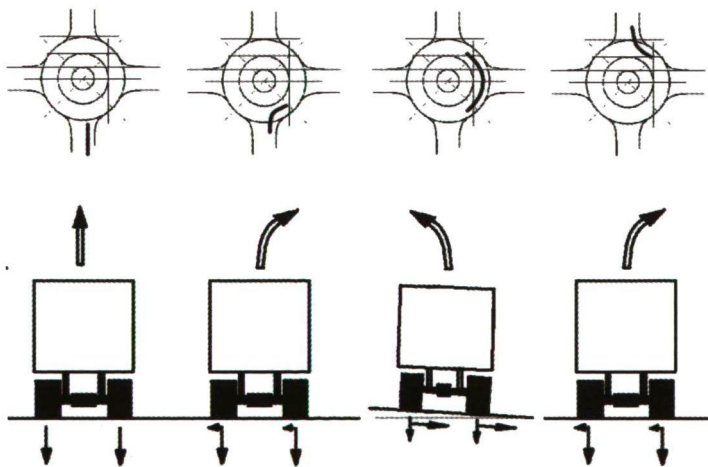
Sz.	Járműtípus	Egységjármű
1.	személygépkocsi	1
2.	kistehergépkocsi	1
3.	egyes (szóló) autóbusz	2,5
4.	csuklós autóbusz	2,5
5.	közepesen nehéz tehergépkocsi	2,5
6.	nehéz tehergépkocsi	2,5
7.	pótkocsis tehergépkocsi	2,5
8.	nyerges szerelvény	2,5
9.	speciális nehéz jármű	2,5
10.	motorkerékpár, segédmotoros kerékpár	0,8
11.	kerékpár	0,3
12.	lassú járművek	2,5

3. Az ébredő igénybevételek az egyes csomópont-kialakításokban

A csomópontok kialakítása, mint azt fentebb már jeleztük, az ÁNF nagysága alapján történik. Azonban a geometriai megvalósítás nem minden esetben egyértelmű feladat. Minden egyes csomóponti megoldásnak meg van a maga előnye és hátránya. Ezen előnyök és hátrányok tudományos vizsgálatának összetettségét jól mutatja dr. Borsos Attila disszertációja,¹⁹ amelyben ismertetésre kerülnek az egyes variációk következményei is. A csomóponti kialakítások mindegyik fajtájában vannak közös részelemek, amelyek függetlenek a geometriai kialakítástól:

- Felállási/ fékezési szakasz,
- Csatornázott közlekedési lehetőség.

A felállási vagy fékezési szakasz okozta és okozza mind a mai napig a legtöbb problémát a csomópontok kialakításánál. A gépjárművek és különösen a nehéz tehergépjárművek a strukturális felépítésükből adódóan egy dinamikus megállási jelenséget produkálnak. Ezen megállási folyamat során a pályaszerkezet fokozottabban van igénybe véve, mivel a fékezési erő vektora szinte „gyűrő” erőt képez az egyes rétegekben. Az így kialakult keresztirányú deformációk nemcsak balesetveszélyesek, hanem komoly műszaki igénybevételt is jelent az áthaladó gépjármű szerkezetének. Ezért történtek olyan próbálkozások, hogy a fékezési szakaszok burkolatait lecserélték kevésbé deformációra hajlamos burkolatokra. Az első megoldási lehetőség a kiselemes megoldás mutatkozott, mivel az 1990-es években mást nem lehet alkalmazni. Ezen megoldás hátrányai hamar jelentkeztek, mivel ezen megoldást nem arra fejlesztették ki, hogy nagytömegű fékező gépjárművek által keltett többlet igénybevételeknek ellen álljon. Így hamarosan megjelentek az első hibák: kimozdult elemek, majd a pályaszerkezet ugyanúgy el kezdett nyomvályúsodni és újra ki kellett cserélni a fékezési szakaszt. A betonburkolatok előtérbe kerülése ennek a folyamatnak a végét jelentik. Mivel a betonburkolat merev ezért nem szenved lassú alakváltozást. Az ébredő erők ugyanúgy fellépnek, csak az aszfalt kötő és a kopó rétegben a bitumenes kötés miatt tapasztalható maradót alakváltozások nem jöhetnek létre.²⁰



1. ábra. Keréknyomvályú kialakulása körforgalomban a különböző típusú igénybevételek miatt
(Forrás: A szerző saját alkotása)

Figure 1. The Formation of the rutting in roundabout

4. Az újgenerációs burkolatok

Az útépités területén az elmúlt évtizedekben rohamosan fejlődő kémia is megtalálta a maga piacát. Mind az aszfaltgyártás, mind pedig a betongyártás területén egyre nagyobb mennyiségben használnak fel adalékanyagokat, amelyek az eredeti termék valamelyik tulajdonságát nagymértékben megjavítják. Ennek azonban az az ára, hogy a technológia sokkal érzékenyebb lesz a fegyelemre. Erre a legjobb példa a hídépítésben felhasznált szerkezeti beton keverési idő és keverési munka alakulása az elmúlt évszázadban. Az 1900-as évek elején még 3 száraz keverés után 2 nedves teljes átkeverés után építették be a betont.²¹ A jelenlegi technológiával 3 m³ betont 1 perc alatt képes lekeverni egy automatizált betonkeverő gép. A keverés során adagolják a szükséges mennyiségű adalékanyagot, amelyekkel a beton konzisztenciáját tudják például változtatni. Az új generációs burkolatok éppen ezen tulajdonságok javításával váltak egy újabb generációvá. A kutatás során több, a hazai piacon még Építőipari Műszaki Engedéllyel nem rendelkező termék hazai bevezetéséhez szükséges háttérkutatásokat és vizsgálatokat is elvégeztünk. A külföldi termékek első típusvizsgálatainak kiegészítésére azért volt szükség, mert hazánkban szigorúbbak az előírások, mint a környező országokban.

A kutatás keretében elemzett burkolatok közül kettőt ismertetünk, amelyek friss eredménnyel szolgálnak az életciklus elemzésekhez, illetve a projektek megvalósulása során elkövetett technológiai hibákból leszűrhető tapasztalatok fontosak az elkövetkező kivitelezések minőségének javítása érdekében:

- Whitetopping,
- Betonburkolatú körforgalom.

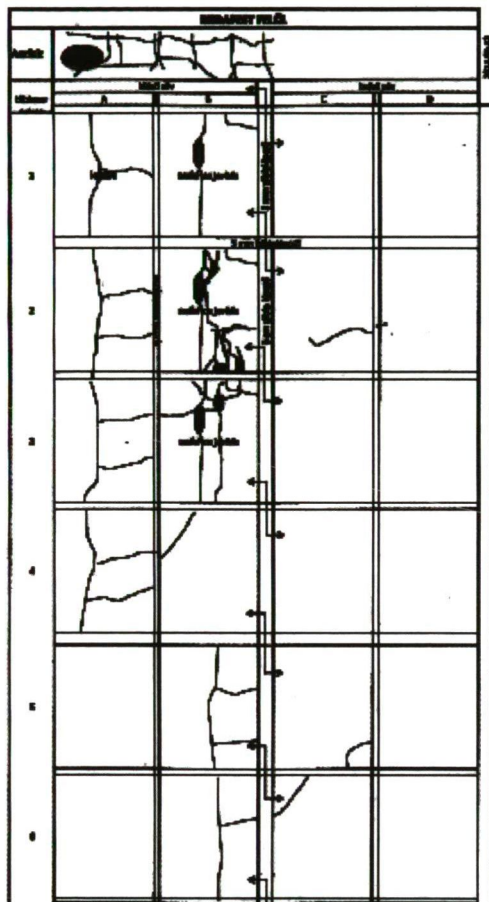
4.1. Whitetopping

Az ún. whitetopping eljárás, amelyet magyarul fehér burkolásra lehetne lefordítani, lényege, hogy egy teherbíró, de nyomvályúsodott aszfaltrétegre vékony betonburkolatot építenek. Így megőrzi a pályaszerkezet jelentős részét és egy kopás-, valamint nyomvályú ellenálló kopóréteget alakítanak ki. A hazai útépitésben először, és ez idáig egyetlen tudományos részletességgel rögzített szakasz Szegeden épült a CORA áruháza csomópontjában. Ennek az eljárásnak több variációja is létezik, mivel több probléma megszüntetését lehet az egyes eljárásokkal megvalósítani. A hazánkban megvalósult kísérleti szakaszon 10 cm-es vastagságban, hézagaiban vasalt, de le nem rögzített, 1,5 x 1,5 méteres táblákból került kialakításra a Szeged felé vezető oldal megközelítően 85 méter hosszúságban. A kísérleti szakasz megvalósulását megelőzően elkészítette az Intézetünk a szükséges háttérkutatásokat,²² amelyek alapján a megvalósítandó betonburkolat tervezett összetétele meghatározásra került. Hely hiányában nem térnek ki bővebben a részletekre, csak két fontos szempontot említenek: nagy kezdeti szilárdság (3 nap után át kellett adni a forgalomnak) és a zsugorodási repedések elkerülése.

Az előbbi egyszerű cementadagolás növeléssel meg lehet oldani, illetve a megfelelően gyors kötésű cement felhasználásával. A második probléma az elsőből adódik, mivel a nagy kezdeti szilárdulású cementeknek igen nagy a zsugorodási hajlama, ami nem kellően megtervezett beton esetén először hajszálrepedésekhez, majd nagyobb hálós repedésekhez vezet. Ennek elkerülése érdekében műanyag szálakkal erősítették meg a betont, így a kezdeti zsugorodási húzófeszültségeknek ellent tudott állni a beton.

A kísérleti szakasz kiválasztása a szegedi Közúti Igazgatóság javaslatára történt. A magmintavételek azonban egy, a kezdetekben nagyobb nyugtalanságra okot nem adó,

potenciális hibaforrásra hívták fel a figyelmet: a szakasz egy része megerősítés/szélesítés. Ennek a következményei egyértelműen és világosan megjelentek a kivitelezést követő első év végén (2. ábra). A gyors leromlás okainak vizsgálatakor több olyan hiba nyomára is bukkantunk, amely alapvetően kérdőjelez meg bizonyos szabályozások létjogosultságát.



2. ábra. A szegedi whitetoppingos szakasz táblatérképe az eddigi felülvizsgálatok alapján 2008–2011²³

[Forrás: dr. Karsainé Lukács Katalin (2011): Aszfaltburkolatok felújítása vékony betonréteggel, Szakmérnöki dolgozat, Budapest, 77. old.]

Figure 2. The Deteriorationtablemap of the whitetopping's section in Szeged 2008–2011

4.2. A whitetopping tapasztalatai

A megépült kísérleti szakasz egyes táblái a tervezettnél hamarabb tönkre mentek. Ezen gyors leromlás okait elemezve arra a megállapításokra jutott az intézetünk, hogy:

- a tényleges forgalom előre becslése a jelenlegi helyzetben nem lehetséges, mivel gazdaságpolitikai döntések hatására a nehézteher forgalom mértéke ugrásszerűen megnőhet, de el is tűnhet a napi forgalomból,
- a szélesítések teherbírási inhomogenitása miatt alaposabb előkészítés és pontos technológiai figyelem szükséges,

- a vízelvezetésről minden esetben gondoskodni kell vízelvezető árok segítségével,
- a táblák elé tartógerendát kell építeni és a táblákat le kell rögzíteni az aszfalthoz legalább 4 ponton.

4.3. A betonburkolatú körforgalom

Ezen kutatás 2008-ban kezdődött és az idén október 27-én ért véget a második fázisa a műszaki átadással. A háttérkutatások²⁴ során kikísérletezett összetétel alapján megépített betonburkolat minősége megfelelt az érvényben lévő előírásoknak.

A kutatási program keretében megvizsgáltunk egy osztrák betonburkolatú, fésűs felületképzési technológiával készült körforgalmat. Az Oberwaltz (Felsőőr) elkerülő szakaszának keleti csomópontjában készült körforgalom tapasztalatai alapján megállapítható, hogy az igénybevételek következtében fellépő jelenségek igazolják a merev pályaszerkezetek létjogosultságát a dinamikusan változó haladási irányú keresztvezésekben. A hajlékony vagy a félmerev burkolatú pályaszerkezetek nem képesek szerkezeti elviselni egy adott ismétlődési szám feletti igénybevételeket és maradó alakváltozás kezdődik a kötő, majd pedig a kopórétegben. A betonburkolatú körforgalom esetében a 8–10 cm-es mélységben ébredő feszültségek nem tudnak maradó alakváltozásokat létrehozni. Ezért nem is tapasztalható a nyomvályú kialakulása, de azért a felület intenzív igénybevétele meg is látszik az egyes képeken, illetve a felületeken. Az egyes felülettípusok leromlását a beton péptartalma és az adalékanyagváz befolyásolja:

- a fésűs megoldásnál előny a péptelítettség és a két rétegben beépített beton összetétele azonos,
- a mosott felület két eltérő összetételű és tulajdonságú betonból készül, és a járó felületnél (felső réteg) kiemelt fontosságú a habarcsép és a köváz megfelelő aránya.

Egy adott műszaki megoldás hazai útügyi alkalmazásának feltétele az útügyi műszaki szabályozási rendszerben történő megjelenítése. Ennek hiányában Építőipari Műszaki Engedély-t (ÉME) kell kérvényezni a Magyar Közút Nonprofit Zrt-nél. Az ÉME engedély megszerzésének első lépése a szükséges betontechnológiai vizsgálatok elvégzése. A kutatás keretében elvégzett betontechnológiai vizsgálatok (2 cementgyártó 5-5 cementfajtájából 3 hőmérsékleten (10°–25°–35 °C) során kiválasztottuk azt a cementet, amely a feladatra az adott körülmények között a legalkalmasabb.

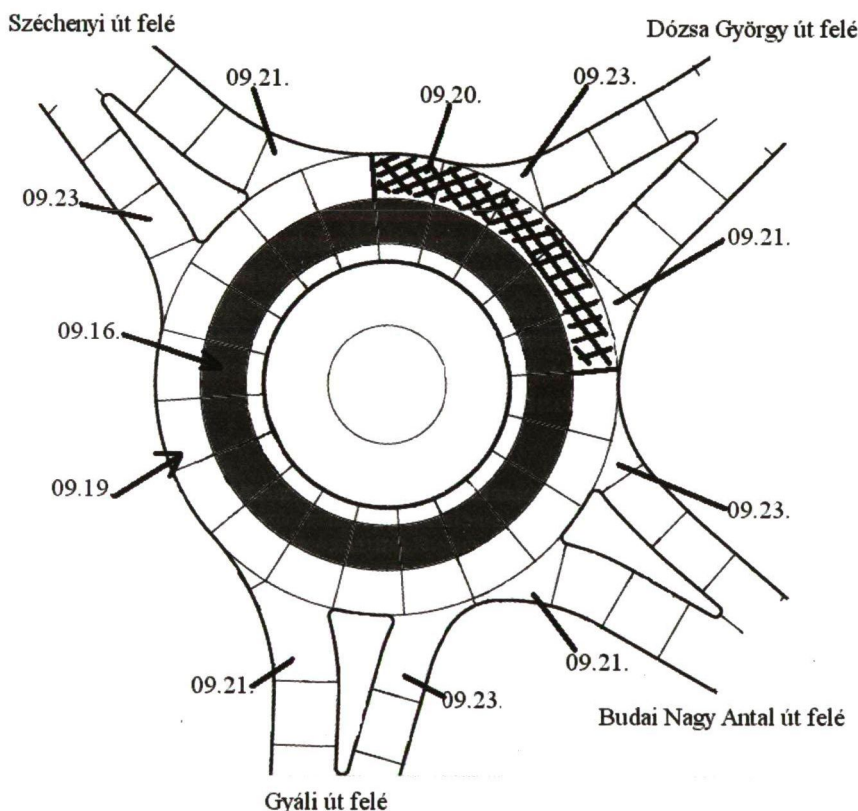
Magyar Cementipari Szövetség (MCSZ) támogatásának egyik feltétele volt, hogy a kivitelezés helyszíne Budapesthez közel legyen. A kiválasztott helyszín Vecsés egyik bal-eseti gócpontja lett, amelynek az átlagos napi forgalma 6488 Ej/nap.²⁵ A csomópont kialakításánál figyelembe kellett venni, hogy a tervezett betonburkolat nem teszi lehetővé a gyors átadási ütemezést. A projekt elején nagyvonalúan kezelt közműhálózati elemek kiváltása, illetve újra építése közel 30%-kal emelte meg a kivitelezés költségét.

4.4. A betonburkolatú körforgalom kivitelezésének tapasztalatai

A betonburkolatú körforgalom pályaburkolati kivitelezése 2011. 09. 16-án kezdődött meg. A kivitelezést az eredeti tervek szerint 4 hét alatt hajtották volna végre. A Vállalkozó mérnökei azonban előálltak egy olyan javaslattal, hogy nem szükséges megvárni a beton szilárdulását a finisher mozgatásáig, ha sikerül az egyes építési ütemek közötti finisher-mozgatást úgy megoldani, hogy „átlépi” a friss betonos szakaszokat. Így a belső körből

egy pontonhíddal hozták ki a beépítő gépláncot. A külső kör kivitelezése 09. 19-én folytatódott, amelyet váratlanul felmerülő komoly technikai problémák miatt másnap tudott csak befejezni. A kivitelezés a probléma megoldása után zökkenőmentesen zajlott és 09. 21-én az ágak bal oldalát, majd 09. 23-án az ágak jobb oldalát is megépítették.

A tervezett gépi beépítést felváltották kézi bedolgozásra, így lehetőség nyílt arra, hogy a tervezett élettartam alatti viselkedési modelleket egy csomópontban tudjuk vizsgálni azonos forgalom nagyság mellett. A kialakított járható felületek is két eltérő technológiával kerültek átadásra, amelynek következtében a leromlási folyamatok különbözőek lesznek. A várható homogén leromlási folyamatokkal bíró szakaszokat a 3. ábrán ismertetjük.



3. ábra. A homogén leromlási szakaszok az egyes beépítési napok alapján Vecsésen
(Forrás: A szerző saját alkotása)

Figure 3. The Map of the suspected deteriorations of the Roundabout in Vecsés

5. További teendők, kutatási nullállapot

A kísérleti projektek keretében megvalósított csomóponti megoldások lehetővé teszik, hogy hazánkban is kialakíthassunk egy élettartam modellt, amelynek segítségével a további csomóponti burkolati megoldások költséghatékonyágát alaposabban lehet majd tervezni. A pontos állapotfelveteleknek köszönhetően az egyes leromlások önállóan is kezelhetőek, amelyek segítségével ezen kísérleti munkában az eredeti tervtől eltérően több modellt is lehet alkotni.

Jegyzetek

1. Dr. habil. Kőszegfalvi György és Loydl Tamás (1999): Településfejlesztés. Elte Eötvös kiadó, Budapest, 21. old.
2. Kleineisler János (1981): Házak, városok, társadalmak. Gondolat kiadó, Budapest, 264 old.
3. Kertész István (1999): Ókori hősök, ókori csaták. Budapest, 208 old.
4. John Wary (1980) Klasszikus világ hadművészete. Budapest, 224 old.
5. Bencze Zsolt (2010): „A kátyúkészítés tudománya” című előadás kivonatolt vázlata. Kutatók éjszakája 2010. KTI Nonprofit Kft. Budapest, 15 old.
6. Dr. Ábrahám Kálmán (1976): Utak. Budapest, 280 old.
7. Szilháti et al. (1976): Szintbeli közúti csomópontok kialakításának üzemi és biztonsági követelményei egyszerűsített burkolatkorszerűsítések esetén, Közúti Közlekedési Tudományos Kutató Intézet, Témaszám: 39-01/76, Budapest, 54 old.
8. Jakab Tibor et al. (1977): Útmutató kidolgozása a városi utak és csomópontok műszaki és forgalomtechnikai tervezéséhez szükséges forgalom felvételekre és forgalomtechnikai mérésekre a VUTSZ előírásaihoz hasonlóan. Közúti Közlekedési Tudományos Kutató Intézet, Témaszám:32-08/76, Budapest, 201 old.
9. Fi István (1991): Útszakaszok, csomópontok teljesítőképességének vizsgálati módszere. A forgalmi folyamatok törvényszerűségei. Budapest, 190 old.
10. Hóz E. et al. (1998): Jelzőlámpás és körforgalmú csomópontok forgalomlefolrásának összehasonlító vizsgálata. KTI Rt., Budapest, 62 old.
11. Hóz Erzsébet és Mocsári Tibor (2001): Új csomóponti megoldások baleseti vizsgálata. KTI Rt., Budapest, 29 old.
12. Dr. Szilháti S. et al. (2002): A 11. sz. főút – CORA bevásárlóközpont kétsávos körforgalmú csomópontjának forgalmi és baleseti utóvizsgálata. KTI Rt., Budapest, 29 old.
13. Keresztes László et al. (2008): ÚT 2-1.201:2008 Közutak tervezése (KTSZ) Útügyi Műszaki Előírás, MAÚT, Budapest, 180 old.
14. Cseffalvai Mária et al. (2005) : ÚT 2-1.118.2005 Közutak távlati forgalmának meghatározása előrevetítő módszerrel Útügyi Műszaki Előírás, MAÚT, Budapest, 20 old.
15. Highway Research Board (1962a). The AASHO Road Test: Report 2, Materials and Construction. Special Report 61B. Highway Research Board, National Academy of Sciences. Washington, D.C.
16. Dr. Gáspár László, Ézsias László, Bencze Zsolt (2010): SPENS, Közlekedésépítési Szemle 60. Évfolyam 2. szám 29–32. old.
17. Bencze Zsolt (2008): A 21 sz. főút Nógrád megyei szakaszának négy nyomúsított szakaszainak szakvéleményezése, KTI Nonprofit Kft., Témaszám:245-504-4-9, Budapest, 7–14. old.
18. Dr. Nemesdy Ervin (1974): Utak és autópályák tervezési alapjai, Budapest, 83. old.
19. Borsos Attila (2010): közúti infrastrukturális beavatkozások biztonsági hatásnak modellezése és optimalása, Doktori értekezés Győr, 127 old.
20. Bencze Zsolt (2009): Merev és félmerev pályaszerkezetű körforgalmakban ébredő feszültségek és ezek hatására létrejövő alakváltozások elemzése. Témaszám: 245-370-1-9, KTI Nonprofit Kft., Budapest, 20 old.
21. Dr. Liptai András (2008): A beton keverésének története, Konzultációs megbeszélés a betonkeverő telepek tanúsítása okán. KTI Nonprofit Kft, Budapest.
22. Dr. Karsainé Lukács Katalin: Betonburkolatos felújítási technológiák alkalmazásának előkészítése Témaszám: 245-014-1-8, KTI Nonprofit Kft., Budapest 59 old.
23. Dr. Karsainé Lukács Katalin (2011): Aszfaltburkolatok felújítása vékony betonréteggel, Szakmérnöki dolgozat, Budapest, 77. old.
24. Bencze Zsolt (2010): Fokozott igénybevételű betonburkolatú kereszteződések és körforgalmak építésének előkészítése, Témaszám: 245-007-1-9 KTI Nonprofit Kft, Budapest, 61 old.
25. www.utadat.hu

Felhasznált irodalom

- Ábrahám Kálmán (1976): Utak. Budapest, 280 old.
- Bencze Zsolt (2008): A 21 sz. főút Nógrád megyei szakaszának négynyomúsított szakaszainak szakvéleményezése, KTI Nonprofit Kft., Témaszám: 245-504-4-9, Budapest, 7–14. old.
- Bencze Zsolt (2009): Merev és félmerev pályaszerkezetű körforgalmakban ébredő feszültségek és ezek hatására létrejövő alakváltozások elemzése. Témaszám: 245-370-1-9, KTI Nonprofit Kft., Budapest, 20 old.
- Bencze Zsolt (2010): „A kátyúkészítés tudománya” című előadás kivonatolt vázlat. Kutatók éjszakája 2010. KTI Nonprofit Kft. Budapest, 15 old.
- Bencze Zsolt (2010): Fokozott igénybevételű betonburkolatú kereszteződések és körforgalmak építésének előkészítése, Témaszám: 245-007-1-9 KTI Nonprofit Kft, Budapest, 61 old.
- Borsos Attila (2010): közúti infrastrukturális beavatkozások biztonsági hatásának modellezése és optimalálása, Doktori értekezés Győr, 127 old.
- Cseffalvay Mária et al. (2005) : ÚT 2-1.118.2005 Közutak távlati forgalmának meghatározása előrevetítő módszerrel Útügyi Műszaki Előírás, MAÚT, Budapest, 20 old.
- Fi István (1991): Útszakaszok, csomópontok teljesítőképességének vizsgálati módszere. A forgalmi folyamatok törvényszerűségei. Budapest, 190 old.
- Gáspár László, Ézsias László, Bencze Zsolt (2010): SPENS, Közlekedésépítési Szemle 60. Évfolyam 2. szám 29–32.old.
- Highway Research Board (1962a): The AASHO Road Test: Report 2, Materials and Construction. Special Report 61B. Highway Research Board, National Academy of Sciences. Washington, D.C.
- Hóz E. et al.(1998): Jelzőlámpás és körforgalmú csomópontok forgalomlefolrásának összehasonlító vizsgálata. KTI Rt, Budapest, 62 old.
- Hóz Erzsébet és Mocsári Tibor (2001): Új csomóponti megoldások baleseti vizsgálata. KTI Rt., Budapest, 29 old.
- Jakab Tibor et al.(1977): Útmutató kidolgozása a városi utak és csomópontok műszaki és forgalomtechnikai tervezéséhez szükséges forgalom felvételekre és forgalomtechnikai mérésekre a VUTSZ előírásaihoz hasonlóan. Közúti Közlekedési Tudományos Kutató Intézet, Témaszám: 32-08/76, Budapest, 201 old.
- John Wary (1980) Klasszikus világ hadművészete. Budapest, 224 old.
- Karsainé Lukács Katalin (2011): Aszfaltburkolatok felújítása vékony betonréteggel, Szakmérnöki dolgozat, Budapest, 77. old.
- Karsainé Lukács Katalin: Betonburkolatos felújítási technológiák alkalmazásának előkészítése Témaszám: 245-014-1-8, KTI Nonprofit Kft., Budapest 59 old.
- Keresztes László et al. (2008): ÚT 2-1.201:2008 Közutak tervezése (KTSZ) Útügyi Műszaki Előírás, MAÚT, Budapest, 180 old.
- Kertész István (1999): Ókori hősök, ókori csaták. Budapest, 208 old.
- Kleineisel János (1981): Házak, városok, társadalmak. Gondolat kiadó, Budapest, 264 old.
- Köszegfalvi György és Loydl Tamás (1999): Településfejlesztés. Elte Eötvös kiadó, Budapest, 21. old.
- Liptai András (2008): A beton keverésének története, Konzultációs megbeszélés a betonkeverő telepek tanúsítása okán. KTI Nonprofit Kft, Budapest.
- Nemesdy Ervin (1974): Utak és autópályák tervezési alapjai, Budapest, 83. old.
- Szilhádi et al. (1976): Szintbeli közúti csomópontok kialakításának üzemi és biztonsági követelményei egyszerűsített burkolatkorszerűsítések esetén, Közúti Közlekedési Tudományos Kutató Intézet, Témaszám: 39-01/76, Budapest, 54 old.
- Szilhádi S. et al. (2002): A 11. sz. főút – CORA bevásárlóközpont kétsávos körforgalmú csomópontjának forgalmi és baleseti utóvizsgálata. KTI Rt., Budapest, 29 old.