

A végső meghibásodást, amely tényleges törésként jelentkezett, a 7. ábrán bemutatott rendszám-eloszlás alapján tudtuk meghatározni. Az ábrán bemutatjuk a meghibásodás környezetének feszültségoptikai képét, valamint a törést követően a szerkezetről levált bevonat alatt kialakult törésvonalat.

Megállapítások

- a) Az alkalmazott vizsgálati technika kiválóan alkalmas a szerkezet statikus terhelésekor, valamint fázisátvitelvizsgálata során a keletkező igénybevételek meghatározására és nyomon követésére.
- b) A mérési eredmények számszerűsítéséből a szerkezet teherbírási vizsgálat alatti változása meghatározható.
- c) A bemutatott rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálati technika folyamatos, vagy akár monitoring jellegű alkalmazása esetén a meghibásodás várható kiinduló helyei előre jelezhetőek. Az eljárás az állapotellenőrzés eszközeként alkalmazható.
- d) A mérési módszer által biztosított eredmények felhasználhatók (arra alkalmas formában) a számítási eljárások peremfeltételeinek pontosítására, a számítási modellek finomítására.

Irodalom

[1] Zsáry, Á., Borbás, L.: Untersuchung von geschweißten Fahrgestell - Knotenpunkten mittels des Spannungsoptischen Oberflächen-sichtverfahren. (Investigation of welded junction points of a vehicle frame structure using photoelastic coating technique) Österreichische Ingenieur und Architekten Zeitschrift. (ÖIAZ) 1988. 133.évf. 7.szám. p.:362...365.

[2] Borbás, L., Kabai, I., Zsáry, Á.: Loading, strain, and stress conditions of auto bus frame junction points. International Journal of Vehicle Design. Volume 12. No.:5/6./ 1991. ISSN 0143-3369. p.:548...556.

[3] Zsáry, Á., Borbás, L.: Fatigue test and stress analysis of auto bus frame junction points. 5th Danubia-Adria-Symposium, Okt. 13-15./ 1988. Udine. p.:59...61.

[4] Borbás, L., Thamm, F.: Investigation of the optimum design junctions with respect to the welding procedure. Österreichische Ingenieur und Architekten Zeitschrift. (ÖIAZ) 1989. 134.évf. 7/8.szám. p.: 415...418

Autóbuszok méretezése frontális ütközésre

Vincze-Pap Sándor*

Autóbuszok ütközésállósága

Az autóbuszok ütközésállóságának fejlesztésébe a frontális és az oldalütközés, a borulás és a tűzállóság feladatkörei tartoznak bele. Jelen dolgozat a frontális ütközésre tervezés vizsgálati módszereinek, lehetőségeinek bemutatására vállalkozik.

Minden ütközésre történő tervezéskor az a feladat, hogy az adott típusú baleset standard baleseti körülményei között azt biztosítsuk, hogy az autóbusz utasai és vezetője ne sérüljenek, illetve a lehető legnagyobb értékre növeljük túlélési esélyüket.

Ennek két fontos összetevője van:

- a lehető legmerevebb vezető- és utaskabin az ún. túlélési tér biztosítására,
- energiaelnyelő zónák a vezetőre és az utasokra ható lassulások csökkentésére, a testtel történő ütközések sérülésveszélyének csökkentésére.

Ezeket tekintve a lökhárító, a fenékváz, a homlokkal, a vezetőtér zárlásági és geometriai kialakítása hangsúlyozott elsősorban.

A frontális ütközés vázszerkezeti feltételrendszere

Egy jól tervezett autóbusz vázszerkezet deformációs és energiaelnyelő képességének homlokütközés esetén három kritériumot kell teljesítenie.

- a) **erő kritérium:** a vázelemek működése (tönkremenetele) a tervezett stabilitásvesztésnek megfelelő sorrendben történik, a stabilitásvesztéshez tartozó erőértékek a sorrendnek megfelelően egyre nagyobbak;
- b) **energia kritérium:** ahhoz, hogy adott sebességű ütközés esetén ne sérüljön meg egy vázelem, a jármű mozgási energiáját az előre meghatározott elemeknek kell deformációs munkával elnyelniük (a biztonsági lökhárító tulajdonságait ebből kiindulva határozhatjuk meg);
- c) **alakváltozási kritérium:** energiaelnyelés közben az alakváltozás nagysága, lehetősége behatárolt, kötött, ennek megfelelően lehet a karosszéria egyes elemeinek sérülésmentességét biztosítani vagy megengedni.

Vizsgálatok

Autóbusz homlokütközteséi

A képeken is bemutatott vizsgálatsorozatot az 1980-as évek közepén végeztük az IK 400-as karosszéria fejlesztése céljából. Az Autókat ter-

vezésével és előkészítésével komplett ütközésállósági vizsgálatra került sor egy IK 411 típusú autóbuszon. (Az IK 411 autóbusz vázszerkezettel pontosan megegyezett a széria kivételű IK 415 autóbuszal.) A cél a vázszerkezet energiaelnyelési folyamatának tisztázása, számszerűsíthetőségének megállapítása, illetve az előírások (EGB 14 és EGB 80) paramétereinek ellenőrzése volt.

Előzetes feltételrendszerünk szerint egy autóbusz frontális ütközésekor:

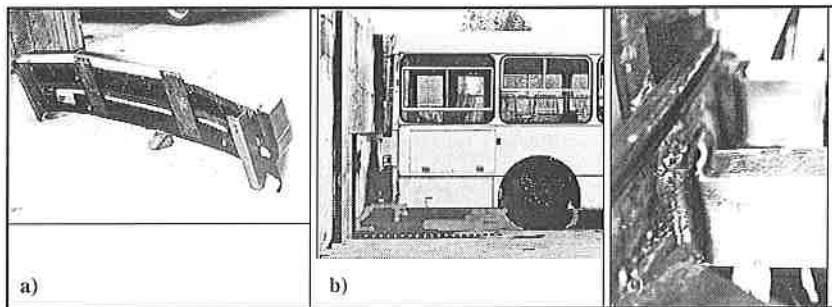
- **3,5 km/h** koccanási sebességig semmilyen maradó deformáció nem léphet fel, vagyis a lökhárító rugalmas rétegének kell a jármű mozgási energiáját elnyelnie;
- **7 km/h** ütközési sebességhatárig csak a lökhárító belső, energiaelnyelő elemei deformálódhatnak, amelyek egyszerűen javíthatók;
- **30 km/h** sebességű ütközéses vizsgálatnál, amely az ún. standard autóbusz baleset frontális ütközési sebessége, már a homlokkal és a fenékváz is sérülhet.

A vizsgálatoknál egy 300 tonnás betonfalnak ütköztettük az autóbuszt, eléje egy 50 mm vastag, fenyőfaréteggel ellátott, merev ütközőlapot szereltünk, amely 4 db erőmérő cellával támaszkodott a betontömbnek. A négy erőmérő cella a jobb és a bal oldalon párba kötve működött, így a jármű két oldalának erőterhelése különösen is vizsgálható volt. Az ütközéses vizsgálatokhoz a már korábban az IK 250-es autóbuszokhoz kifejlesztett lökhárítót használtuk (1.a. ábra). A jármű ütközési sebességét optokapuvál mértük. A belső térbe egy Hybrid II és egy OGLE típusú, 50 percentilis férfi bábu volt beültetve. A Hybrid II bábu fejébe és mellkasába gyorsulásadókat, jobb lábába pedig comberő mérőcellát szereltünk be. A két tengely között a padlón, a jármű súlypontjának függőleges síkjában, hosszirányban mérő, gyorsulásadót helyeztünk el. (Az érzékelők jeleit Philips 7 típusú analóg mérőmagnetofonnal rögzítettük és 60 Hz-es felülvágó szűrővel simítottuk! A jelek rajzolását PDP 11 mikroszámítógéppel végeztük.) Az autóbusz vizsgálati tömege 10 080 kg volt.

Az ütközéses vizsgálatok eredményei

- a) az első vizsgálat (mért ütközési sebesség: 3,60 km/h)
A jármű mindenfajta észlelhető károsodás nélkül viselte el az ütközést.
Az ütközőerő maximuma a bal oldalon: 180 kN
a jobb oldalon: 160 kN
összegzett: 320 kN
- A jármű padlóján (súlypontban) mért gyorsulás maximuma: 3.g
A Hybrid II bábu fejében mért eredő gyorsulás maximuma: 3.g
combjában mért térdérvő maximuma: 1,1 kN
- b) a második vizsgálat (mért ütközési sebesség: 6,98 km/h)

*AUTÓKUT



1. ábra. Az autóbusz 3,6 km/h és 8 km/h sebességű ütközéseinek felvételei

A lökhárítón és a karosszérián nem látszott külső sérülés (1.b. ábra). Átvizsgálás után kiderült, hogy a lökhárítót tartó bal oldali közdarab 60x40/2 mm méretű zártszelvényű csövei megrogytak. A gyűrődésről készült felvétel az 1.c. ábrán látható. A jobb oldalon a közdarab ép maradt, csupán az első ajtó vált nehezen nyithatóvá a műszerfal burkolatának kismértékű hátracsúszása miatt.

Az ütközőerő maximuma a bal oldalon: 220 kN
 a jobb oldalon: 190 kN
 összegzett: 390 kN

A jármű padlóján (súlypontban) mért gyorsulás maximuma: 4.g
 A Hybrid II bábu fejében mért eredő gyorsulás maximuma: 10.g
 combjában mért térdelő maximuma: 1,3 kN

c) a harmadik vizsgálat (mért ütközési sebesség: 29,76 km/h)

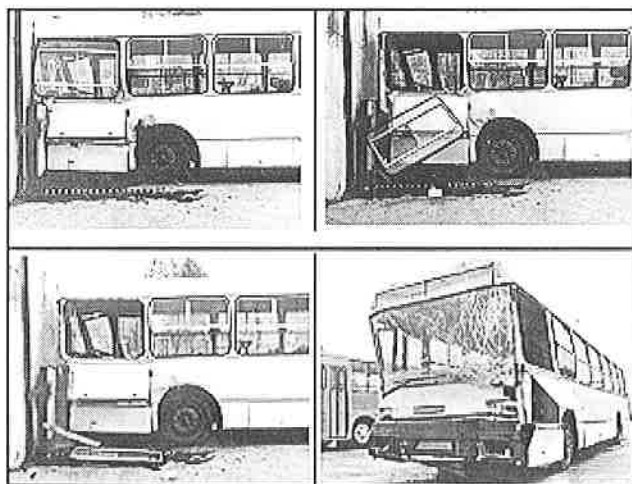
Az autóbuszt teljes átvizsgálás után készítettük elő az utolsó ütközéshez. A betonfaltól 250 mm távolságra levő ütközőlapra az autóbusz homlokfala rágyűrődött, a tető elérte a homlokfalat (2. ábrásor). A hossztartók erősen deformálódtak, az első és a harmadik hossztartón jobb oldalon 80 mm (mivel az ajtó felőli oldalon az energiaelnyelés nagyobb, 3.b. ábra), a bal oldalon 130 mm (3.a. ábra) összenyomódást mérünk. Bal oldalon a vezetőülés és alatta levő dobogóval hátracsúszott, a műszerfal több helyen eltört (3.c. ábra). (A biztonsági dobogónak köszönhetően a kormánykerék és a vezetőülés háttámlája között maradt 330 mm szabad távolság a vezető túlélésének biztosítására.) A bábuban mért gyorsulás és erőértékek a kívánt limitek alatt maradtak, de az ülés relative alacsony háttámla magassága (1 m magas városi ülés) miatt a bábu nyakával ütközött a háttámla szélének, ezért a fejjegységek veszélyessége nem értékelhető. Az autóbusz jobb és bal oldalának merevsége jelentősen különbözik, az ütközőerő csúcserőértékében a jobb oldalon fele akkora erőt mérünk, mint a bal oldalon (4. ábra). Az autóbusz lassulás értéke és ebből következőleg az EGB 14 és EGB 80 számú előírásokban szereplő vizsgálati érték jó egyezőséget mutat.

Az EGB 80 számú előírás 30 km/h ütközési sebességnél előírt 8-12.g közötti vizsgálati kocsi lassulásának értéke megfelel egy 30 km/h sebességű kvázimerev falnak történő teljes tömegű autóbusz ütközéskor fellépő lassulás értéknek.

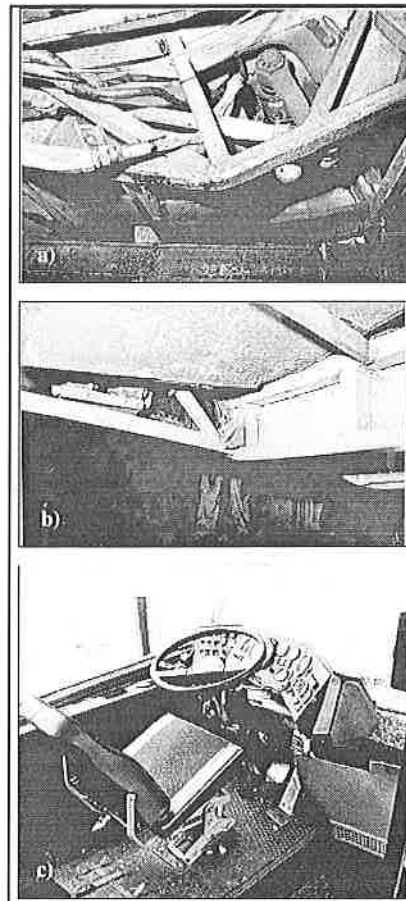
Az ütközőerő maximuma a bal oldalon: 780 kN
 a jobb oldalon: 390 kN
 összegzett: 1100 kN

A jármű padlóján (súlypontban) mért gyorsulás maximuma: 12.g
 A Hybrid II bábu fejében mért eredő gyorsulás maximuma: 60.g
 combjában mért térdelő maximuma: 1,6 kN

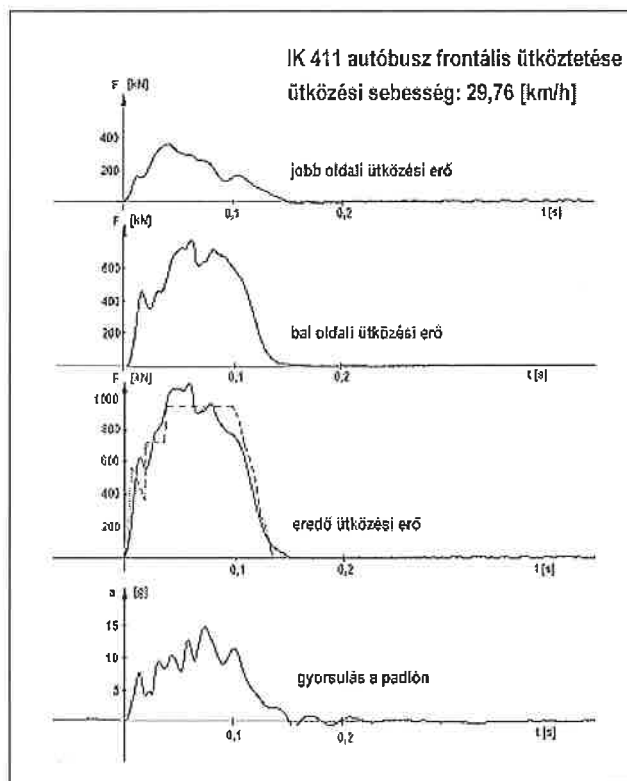
A frontális ütközéses vizsgálatkor a Hybrid II és az OGLE bábút az



2. ábra. Az IK 411 autóbusz 29,76 km/h sebességű homlokütközésének fázisai. A betonfaltól 250 mm távolságra levő ütközőlapra az autóbusz homlokfala rágyűrődött, a tető elérte a homlokfalat



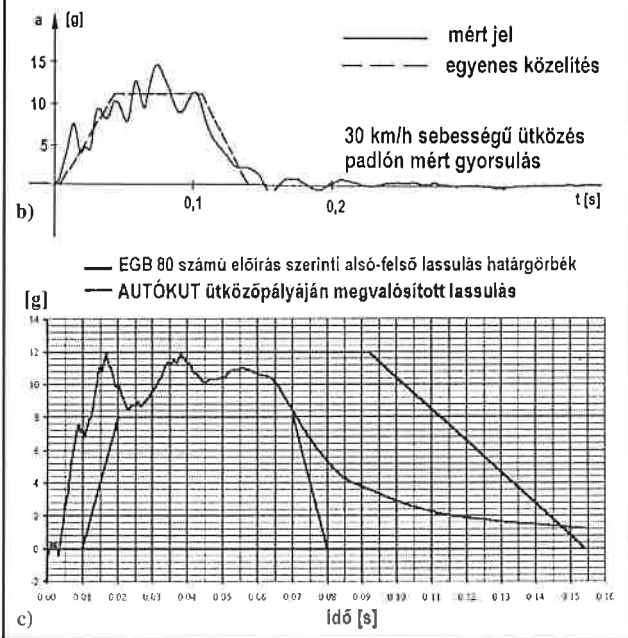
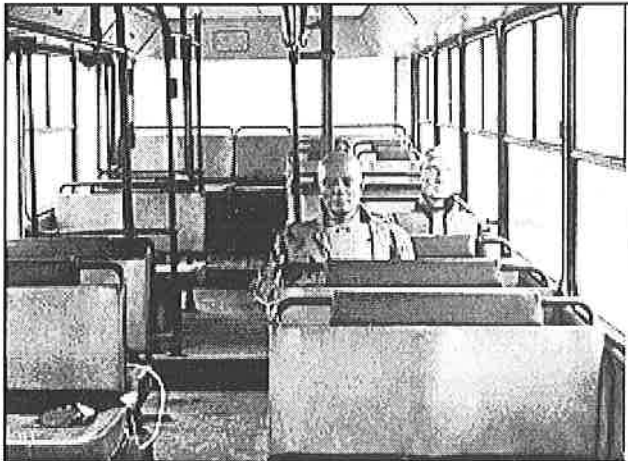
3. ábra. A 29,76 km/h sebességű homlokütközés következményei



4. ábra. A 29,76 km/h sebességgel történt ütközés erő és padlógyorsulás diagramjai

5.a. ábrán látható módon helyeztük el. Az utastérbe a régi gyártmányú, $\varnothing 22$ mm méretű csövekből felépített, móri ülések voltak beszerelve. A lassulást az autóbusz súlypontjának keresztíkjában a padlón mértük (5.b. ábra), és az egyenes szakaszokkal közelített változást összevetettük az EGB 80. számú előírásával. Az 5.c. ábrán az autóbusz utasülések 30 km/h ütközési sebességgel végzett bábús vizsgálatához az EGB 80-ban előírt lassulási határgörbéket hasonlítottuk össze az Autokut ütközőpályájának kalibrációs görbéjével.

Az 5. ábrán látható, hogy az IK 411 autóbusz frontális (29,76 km/h) sebességű ütköztetések a padlón mért lassulás egyenes szakaszokkal közelített diagramja jó egyezést mutat az EGB 80 számú előírás által a vizsgálókocsi lassulási görbéjére előírt függvényekkel, annak felső határgörbéjéhez közel.

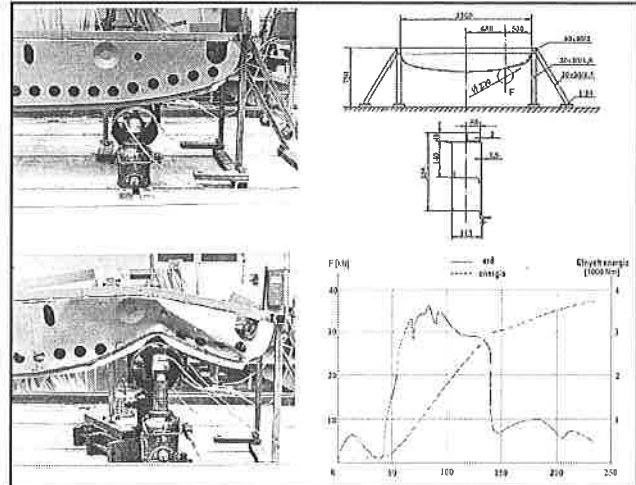


5. ábra. A 30km/h frontális ütközéses vizsgálatkor mért és az EGB 80-ban előírt lassulások (egyenes vonalak) összehasonlítása.

A mellöv statikus nyomóvizsgálata

Ennél a vizsgálatnál a 6. ábrán látható elrendezésben és szerkezeti kialakításban a mellöv zártszelvényű merevített lemezszerkezetének energiaelnyelési képességét mértük meg, oszlopnak ütközés statikus szimulációját megvalósítva.

A 6. ábra diagramjából is látható, hogy az $\varnothing 220 \times 6$ mm vastag falú cső mintegy 140 mm-es benyomódása után a mellöv egyszerűen „eltört”. Az $s = 235$ mm benyomódásig elnyelt energiamennyiség $W = 3700$ N.m.



6. ábra. A mellöv statikus nyomóvizsgálata (oszlopnak ütközés szimulációja)

Biztonsági dobogó

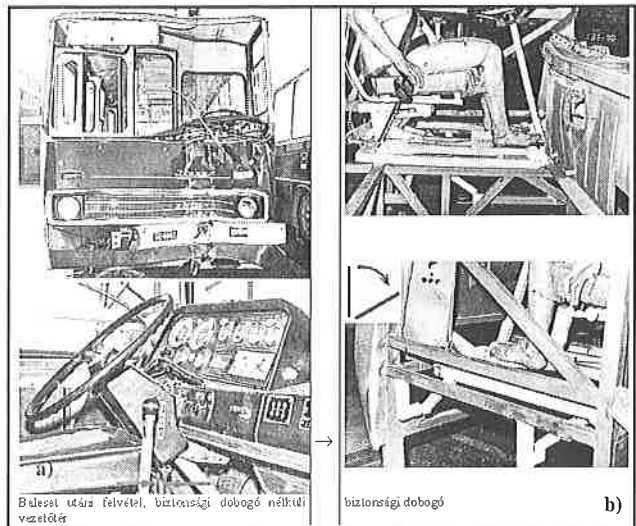
A megfelelő túlélési tér biztosítása a vezető számára azt jelenti, hogy a vezető az ütközéses baleset után az ülésből segédeszköz nélkül kiemelhető, vagyis a műszerfal (kormányoszlop) és a vezetőülés között az ütközés minden pillanatában elegendő térrésznek kell maradnia. Másképpen megfogalmazva, a kormánykerék nem préselődhet a vezető hasába, illetve a kormányoszlop vagy a műszerfal nem nyomhatja a vezető lábát a vezetőülés széléhez roncsolásos sérülést okozva. Ilyen buszvezetői térrész egyszerű megoldással megvalósítható az ún. biztonsági dobogó beépítésével. (A biztonsági öv használata természetesen nem mellőzhető, mert a felütközésből származó sérülések súlyosságát csak ezzel együtt csökkenthető illetve kerülhető el.)

A 7. ábrán látható biztonsági dobogó $40 \times 40/2$ mm méretű, zártszelvényű csövekből készült 820×820 mm befoglaló méretben, a műszerfalhoz 135 mm szintkülönbséggel támaszkodó, 275 mm hosszú csövek pedig $40 \times 30/2$ mm méretűek voltak.

Az IK 411 fenékváz statikus és dinamikus vizsgálata

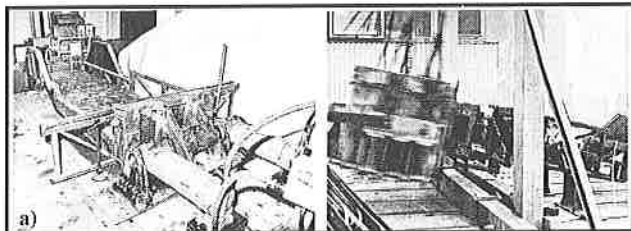
Tervezési cél: olyan fenékvázat és ráillesztett lökhárító szerkezetet kell létrehozni, amely a 8 km/h sebességű frontális ütközésnek megfelelő energiát a fenékváz rugalmas alakváltozásával, csak a lökhárító energiaelnyelő elemeinek tervezett összenyomódásával, képes elnyelni.

Az elnyelendő energia, 10 tonnás autóbuszt számítva: 25 kJ. Ez előzetesen azt jelenti, hogy a fenékváznak min. 350 kN erőterhelést deformáció mentesen kell elviselnie.



7. ábra. A biztonsági dobogó nélküli vezetőtér deformációja baleset után (a) és a beépített biztonsági dobogóval végzett bábús kísérletnél (b)

A kvázistatikus laborbeszt során az első képlékeny csukló kialakulásához tartozó erő 300 kN volt, amely a módosítás, megerősítés után 400 kN lett (8.a. ábra). A 4,1 tonnás ingás ütőművel végrehajtott dinamikus vizsgálat során 16 kJ energiánál csak enyhe deformációk keletkeztek, míg 18,7 kJ energiánál négy képlékeny csukló alakult ki és a szerkezet tönkrement (8.b. ábra).



8. ábra. A fenékváz vizsgálata: a) kvázistatikus laborbeszt, b) dinamikus vizsgálat

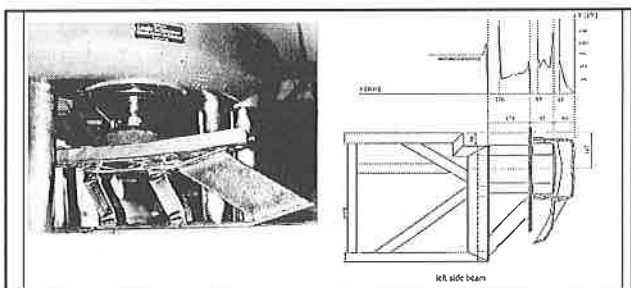
Az IK 411 lökhárító közdarabok statikus vizsgálata

Az IK 411 K1 autóbuszra egy 200-as típusú lökhárító volt illesztve, ennek energiaelnyelő közdarabját statikus nyomóvizsgálat alá vetettük a 9. ábrán látható elrendezésben. A lökhárító külső burkolata 80 mm vastag poliuretán műanyag, majd ezt követi a vízszintesen végigfutó 2 db 90x50x3 mm méretű zártszelvény. Az ütközéskor fellépő erőhatás az 50 mm méretű oldal felől roppantja össze a szelvényt. Szimmetrikus, teljes felületű ütközéskor a 9. ábra mérési elrendezése eredményének kétszerese, az ábrán feltüntetett 1480 kN összegzett erő lesz a teljes stabilitásvesztéshez tartozó erő nagysága. Ez az erő 10 mm elmozdulás alatt lecsökken 680 kN értékre és ± 80 kN ingadozással további 55 mm összenyomódásig állandónak tekinthető. (A 90 mm-es méretből 65 mm használható energiaelnyelésre.)

A 175 mm hosszú, 60x40x2 mm méretű zártszelvényből kialakított, hosszirányban előrenyúló 4 db közdarab stabilitásvesztési ereje 580 kN, amely erő 100 mm elmozdulás után csökken le 380 kN-ra. A ferde kikötés miatt a gyűrődő csövek nem csak hosszirányban deformálódnak, de ki is hajolnak. Összesen 115 mm nagyságú összenyomódásra alkalmas a közdarab. (A lökhárító valamennyi zártszelvénye 240 MPa folyáshatárú lágyacélból készült.)

Végeredményben a lökhárító elemei együttesen 240 mm deformációra képesek.

Ezekből az értékekből egyszerű algoritmussal ellenőrizhető, hogy a 10 tonna tömegű autóbusz 3,5 km/h sebességű ütközésekor nem volt várható semmilyen károsodás; 7 km/h ütközési sebességnél, ha teljesen



9. ábra. Az IK 411 lökhárító energiaelnyelő közdarabjainak statikus nyomóvizsgálata

szimmetrikus az ütközés, akkor szintén rugalmas energiaelnyelésre kellene számítanunk, míg 30 km/h sebességű ütközésnél mintegy 400 mm-es deformáció várható, amelynek fele a lökhárítóra, fele pedig a fenékvázra jut. (A 400 mm deformáció a busz vázszerkezetének nem ismert rugalmas viselkedésének figyelembe vétele nélkül értendő és a fenékváz 400-480 kN értékű stabilitásvesztési erejéből van számolva.)

Összehasonlítva az itt felsorolt értékeket a valós autóbusz ütköztetések mérőszámaival, megállapítható, hogy 3,5 km/h sebességnél valóban nem volt csak rugalmas deformáció, de 7 km/h sebességű ütközésnél a lökhárító baloldali közdarabjai megrogytak az aszimmetrikus ütközési erő miatt. 30 km/h sebességű ütközéskor a fenékváz gyűrődése a kiindulási adatokból számolt 160 mm helyett csupán 130 mm (bal hossztartón) és 80 mm volt (jobb hossztartón), amely részben a váz jelentős rugalmas deformációját, részben a fenékváz stabilitásvesztéséhez tartozó – a számoltnál nagyobb – erőt jelenti.

Lényeges dolog, hogy a lökhárító csupán 70 mm-re nyúlik ki a homlokkal síkja elé, így a közdarab részleges deformációja esetén is sérülhet a homlokfal.

A lökhárító változatok ingás ütővizsgálata

A zártszelvényű cső összenyomhatósága

A 10. és a 11. ábrán szemléltetett vizsgálatból két alapvető megállapítás tehető:

– Az első képlékeny csukló kialakulásához tartozó erő mintegy 50%-kal nagyobb, mint a következő bármelyik képlékeny csukló kialakításához tartozó erő.

– Az előrenyomott cső energiaelnyelő kapacitása 35-40%-kal nagyobb, mint egy azonos, maximális csúcserőre méretezett normál cső energiaelnyelő képessége.

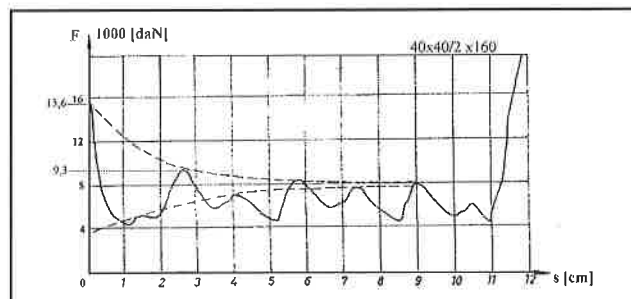
Különböző energiaelnyelő elemek dinamikai vizsgálata

A háromfajta energiaelnyelő (12. ábra) és az előretolt csövekből (60x50/2-8 db) felépített (13. ábra) lökhárítók dinamikus, ingás ütővizsgálatainak eredményeit az 1. táblázatban összesítettük.

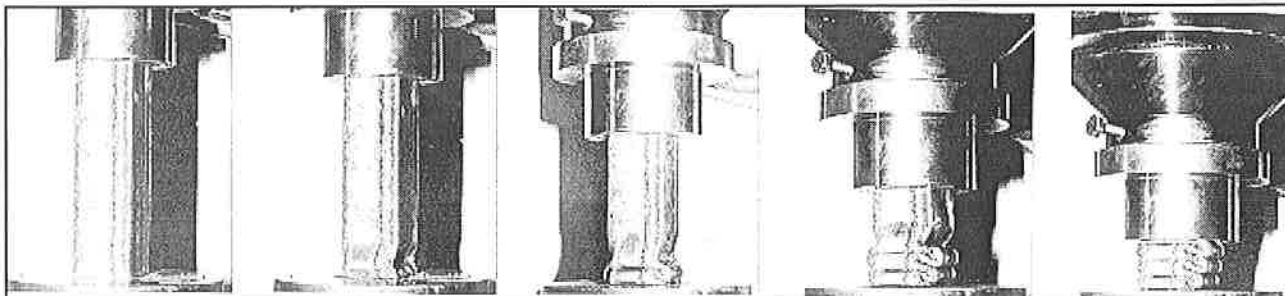
1. táblázat

Összesítő táblázat az energiaelnyelő elemek vizsgálatáról

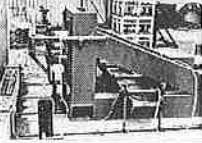
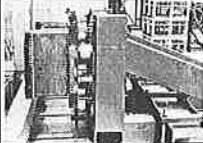

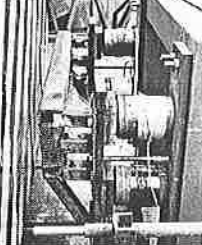



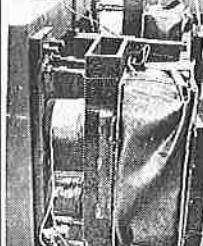

Lökhárító felépítés	Közölt energia (kJ)	Max. erő (kN)	Elyelt energia (KJ)	Deformáció (mm)
IK 411	49	491	30.5	8
Normál csövek	82	580	53	9.5
Lemezszerkezet	82	590	47	9.5
Előrenyomott csövek	82	398	59	11



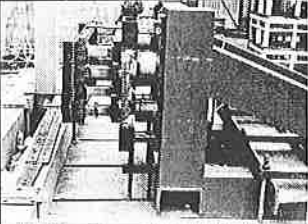
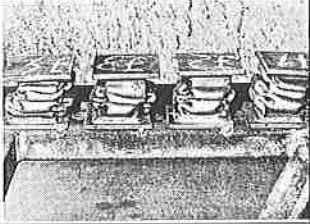
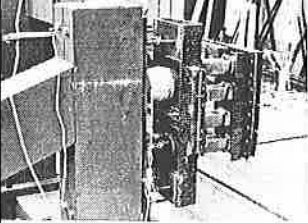

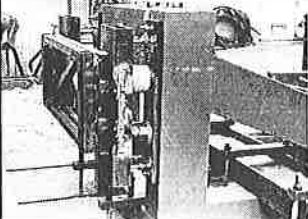
11. ábra. A 10. ábrán látható négyszög keresztmetszetű cső nyomódiagramja



10. ábra. Egy 160 mm hosszú, 40x40/2 mm méretű zártszelvényű cső kvázistatikus nyomóvizsgálatának mozzanatai

IK 411 eredeti lökhárító szerkezet (csövek: 60x40/2 - 4 db 40x40/2 - 2 db hossz: 170 mm)	Méhsejt szerkezet (lemezvastagság: 1 mm összenyomhatóság: 220 mm)	Normál csövek (60x50/2 - 4 db hossz: 170 mm)
		
		
		
közölt energia: 49 kJ elnyelt energia: 30.5 KJ maradó deformáció: 8 mm max. erő: 491 kN	közölt energia: 82 kJ elnyelt energia: 47 KJ maradó deformáció: 9.5 mm max. erő: 590 kN	közölt energia: 82 kJ elnyelt energia: 53 KJ maradó deformáció: 9.5 mm max. erő: 580 kN

12. ábra. Háromfajta energiaelnyelő közdarabból felépített lökhárító vizsgálati

	
	
	közölt energia: 82 kJ elnyelt energia: 59 KJ maradó deformáció: 11 mm max. erő: 398 kN

13. ábra. Előrenyomott csövekből épített lökhárító dinamikai vizsgálata

Összegzés

Az autóbusz padlóján mért gyorsulás jó egyezésben van az EGB 80.01 számú előírás 30 km/h sebességű 8-12.g közötti lassulással előírt standard baleseti szituációjával.

A mellőv, a fénékváz, a lökhárító energiaelnyelési képességét együtt kell vizsgálni és egymáshoz kell illeszteni.

Az előrenyomott csövek energiaelnyelő képessége, a terhelő erő irányszögének érzékenysége jobb, mint az alkalmazott normál csövéké.

Az ingás ütvizsgálatokra egy fontos megállapítás a mérési eredmények alapján: a kiindulási energia 35-40%-a kikerülte a mérőlán-cunkat (a kvázi végtelen merev alakzáró lefogás ellenére) és hő- illetve főként rezgési energia formájában távozott a rendszerünkből.

Abstract

Frontal impact tests on bus and bus bumpers

First part of the paper deals with full crash tests of an Ikarus 400 type city bus having a well-designed framework which was carried out in the development process in 1985. The crash tests were carried out at three different speeds: 3,5; 7 and 30 km/h. The mass of tested bus was: 10 080 kg.

The bus survived the first impact any visible deterioration, and there was no any observable injury after the second impact (7 km/h) on the outer surfaces (Fig. 1).. At the third (30 km/h) impact the bus front wall over-crikkled onto the impact-sheet (Fig. 2.) and the longitudinal beams were significantly deformed. The driver seat slipped backward, the dashboard cracked at more places. (Due to the safety driver platform the distance between the steering wheel and driver seat-back remained 330 mm, and it is enough for survival of the driver, (Fig. 3). The deceleration of the bus shows good coincidence with the values and functions in the ECE regulations No. 14 and No. 80.(Fig. 4). Namely, the measured maximum impact force at left side: 780 kN and at right side: 390 kN; the maximum resultant impact force: 1100 kN and the maximum deceleration on the floor:12.g

The tested understructure for Ikarus 400 type bus could withstand static load of 350 - 400 kN. Design aim for a bus is create such an understructure (and matched bumper to it) which is capable to absorb the full kinetic energy of an 8 km/h speed impact without residual deformation. Plastic deformation is allowed only at energy-absorbing elements of the bumper. The calculated energy to be absorbed for a 10 tonne city bus: 25 kJ.

The second part of the paper reviews the pendulum test series of three different types of bus bumpers (original, steel-plates' structural and pre-crushed rectangular tubes' structural bumper) and the detailed results (Fig. 12).

The bumpers built from tubes (Fig. 13), comparing with other structural bumper, have advantages related the force due to plastic joint formation, but the steel-plates' structure is more impassive to the force direction.

The maxim force can relevantly be lowered concerning to the stability-loss of bumper elements by using pre-crushed rectangular tubes (Table 1).

Irodalomjegyzék

- Autóbusz vezetőülke passzív biztonsági követelményeinek ellenőrzése céljából végzett vizsgálatok értékelése. JÁ-244/80/14 számú Autókul jelentés, írta: Vincze-Pap Sándor
- Biztonsági lökhárítóknak alkalmazható energiaelnyelő szerkezetek ingás ütvizsgálata. AU-22/1981 számú Autókul jelentés, írta: Vincze-Pap Sándor
- IK 400 típusú autóbusz lenékvázának stabilitási vizsgálatai. JÁ-244/80/21 számú Autókul jelentés, írta: Vincze-Pap Sándor
- Készítsünk autóbusz lökhárítót előrenyomott négyszögprofilú csövekből. Autókul - KIM dolgozat, 1983, írta: Vincze-Pap Sándor
- Borbás L., Kabai I., Zsáry Á.: Loading, strain, and stress conditions of autobus frame junction points, International Journal of Vehicle Design. Volume 12. No. 5/6./ 1991. ISSN 0143-3369. p.:548...556.
- Csavdar 5C1 típusú autóbusz vezetőterének, lökhárítójának és utasüléseinek passzív biztonsági vizsgálatai, AU-43/1996 számú Autókul jelentés, írta: Vincze-Pap Sándor
- Dr. Molnár Csaba, Vincze-Pap Sándor: Ütközési energiaelnyelő elem főleg járművekhez és eljárás az elem előállítására. Szolgálati találmány, 1982. december, szabadalmi szám: B60 R/19/00)
- Az IK 411 K1 típusú autóbusz homlokütközéses vizsgálata. AU-53/85 számú Autókul jelentés, írta: Albrecht Lajos