

## **M1. Melléklet - Szolgálati találmány: Ütközési energiaelnyelő elem főleg járművekhez és eljárás az elem előállítására**

Bejelentő: Autóipari Kutató Intézet, Budapest

Feltalálók: Dr. Molnár Csaba okl. gépészmérnök, Budapest

Vincze-Pap Sándor okl. gépészmérnök, Budapest

Bejelentés napja: 1982. december 17.

Találmányunk ütközési energiaelnyelő elem főleg járművek lökhárítóihoz, a lökhárító szerkezeti felépítéséhez, vagy a lökhárító és a jármű alváz ill. felépítmény egymáshoz rögzítéséhez, valamint eljárás a találmányszerinti elem előállítására.

Járművek, elsősorban közúti járművek ütközéses baleseteinél a sérülés és a gépjármű károsodásának mértékét jelentősen képes csökkenteni a lökhárító szerkezet, amennyiben nagymértékben energiaelnyelő tulajdonságú. Számos országban előírások határozzák meg az alkalmazható lökhárító szerkezet minimális energiaelnyelési szintjét. A törvényes előírások helyenként a lökhárító és a rögzítő szerkezet energiaelnyelési szintjére, másutt a lökhárító és a gépjármű utastér előtti szakasza együttes energiaelnyelési szintjére vonatkoznak. Mindenképpen az az előnyös, ha a lökhárító maga minél nagyobb energia mennyiséget képes elnyelni védve a gépjármű kocsiszekrényét és alvázat a sérüléstől. Természetesen a lökhárító szerkezet konstrukciójánál is az energiaelnyelő képesség növelésével együtt általában növekszik a súly, a helyigény és a bonyolultság, valamint az előállítási költség.

A lökhárító beépítésére rendelkezésre álló, ütközési deformációnak alávethető szakasz különösen autóbuszoknál korlátozott. Ez a körülmény vezetett a HU-169.336 számú szabadalmi leírásban ismertetett szerkezethez, amelynél méhsejt szerkezetből felépített lökhárító rudazattal csatlakozik az autóbusz vázszerkezetéhez és a rudazat két tagja kettős légrúgóra támaszkodik. A légrúgó az autóbusz levegőrendszerére van bekötve. A megoldás, bár rendkívül nagy energiaelnyelő képességre konstruálható, rendkívül költséges.

Egyszerűbb, személygépkocsikhoz alkalmas megoldásoknál az ütközési energiát –szemben az említett kombinált légrúgós kivittel és a kísérleti biztonsági járművekben a 70-es évek elején kipróbált hidraulikusan előrenyúló lökhárítókkal szemben -kizárólag a lökhárító és a felfogó, rögzítő szerkezet deformációs munkája emészti fel. A rögzítő, felfogó szerkezet alakja úgy van megválasztva, hogy azon deformációs helyek vannak kiképezve keresztmetszet változások, gyengítések, horpasztások, bevágások révén. Ilyen megoldást ismertet például a DE-2.427-764 számú nyilvánosságra hozatali irat, amely megoldásnál lépcsős kiképzésű csészék vannak legnagyobb peremüknél egymáshoz rögzítve, miáltal két irányban lépcsős tartócső alakul és ütközés esetén a lépcsőknél jön létre fokozatosan deformáció.

A lépcsős csészék elkészítéséhez alakos szerszámra van szükség, amellyel egyenként lehet a lépcsős csészéket előállítani. Hasonlóan alakos szerszámban készíthető el a DE-1.780.205 számú szabadalmi leírásban ismertetett lökhárító szerkezet ütköző csőve, melyen két felbővítés rugalmas befogadó testet fog közre, a felbővítéseknek a cső hossza mentén meghatározott helyeken kell lenniük.

Mint a fenti példák mutatják energiaelnyelési követelmények esetén a régebben alkalmazott, helyenként jelenleg is megengedett egyetlen sajtolt lemezből álló lökhárító bonyolult készítésű, költséges szerkezetté vált.

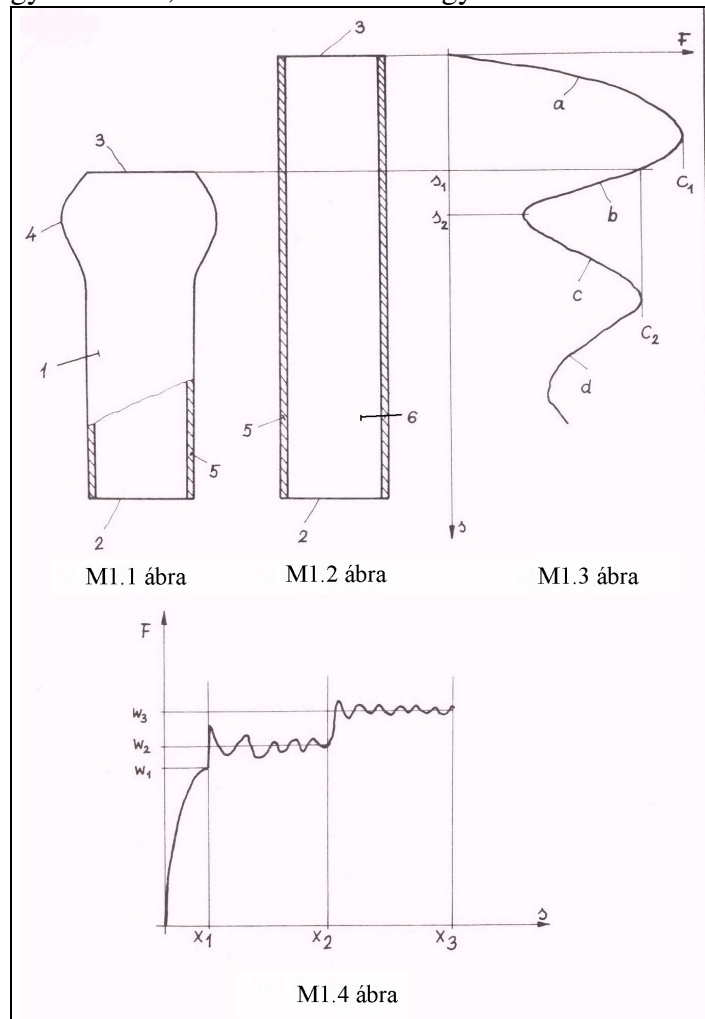
Szilárdságtani vizsgálatok, a szerkezeti anyagok és különböző konstrukciós egységek deformációs tulajdonságainak mérése során arra a felismerésre jutottunk, hogy a legáltalánosabban használt zártszelvényekből a legegyszerűbb hidegalakítási módszerrel

olyan elemek állíthatók elő, amelyek deformációs tulajdonságaik révén alkalmasak energiaelnyelő tulajdonságú gépjármű lökhárítók készítésére. Ehhez a zárt szelvényt axiális irányú nyomó hidegalakításnak kell alávetni, egyetlen körbefutó gyűrődést létrehozó nyomóerő csökkenő szakaszában a szelvény további deformálását meg kell szüntetni.

Találmányunk eljárás ütközési energiaelnyelő elem előállítására, melynél zárt szelvényű, a kihajlási határnál kisebb hosszirányú csövet/üreges szelvényt axiális irányú nyomó hidegalakításnak vetünk alá egyetlen körbefutó gyűrődés létesítéséhez mindaddig, amíg a terhelő erő az első körbefutó gyűrődést létrehozó erőcsúcsértéket követően lecsökken a második körbefutó gyűrődést létrehozó –célszerűen kísérletileg megállapított- erőcsúcsérték eléréséig.

Találmányunk továbbá ütközési energiaelnyelő elem főleg járművek lökhárítóinak energiaelnyelő szerkezetéhez, és ezen elemet tartalmazó lökhárító (ütköző), mely elem zárt szelvényű, a kihajlási határnál kisebb hosszúságú cső/üreges szelvény, melynek axiális irányú nyomó hidegalakítással létesített, kizárólag egyetlen körbefutó gyűrődése van.

Az így kialakított energiaelnyelő elem ütközésnél kedvező deformációs tulajdonságot mutat, ami abban jelentkezik, hogy az első gyűrődést létrehozó előalakító erőcsúcsértéknél kisebb ütközési erő fellépésekor viszonylag nagy deformáció alakul ki és a második gyűrődés kialakulásakor növekvő ütközési erőhöz nagyobb deformáció tartozik, mint az első gyűrődésnél, valamint a második gyűrődés létrehozásához kisebb erőcsúcsérték szükséges.



Találmányunkat részletes kiviteli példán keresztül ismertetjük az **M1.1-4** ábrák segítségével, ahol az

**M1.1 ábra** – egy csőből vagy zárt szelvényből kialakított ütközési energiaelnyelő elem kialakításához szükséges előgyártmányt mutat metszetben, a

**M1.2 ábra** - az 1. ábra szerinti elem kialakításához szükséges előgyártmányt ábrázolja metszetben, a

**M1.3 ábra** - az 1. ábra szerinti elem kialakítása közben fellépő, ütközési igénybevételnél fellépő erő-diagramot, a

**M1.4 ábra** – a deformációképes kocsiszekrény és a hozzá rögzített energiaelnyelő elem együttes ütközési erő-diagramját mutatja be.

Az **1** ütközési energiaelnyelő elem párhuzamos **2** és **3** homlokfala erőbevezetésre illetve támasztásra szolgál. Amennyiben az **1** ütközési energiaelnyelő elem a lökhárítót a kocsiszekrényvel összekapcsoló tartóként van beépítve, úgy a **2** homlokdoldalhoz a

kocsiszekrény, a **3** homlokoldalhoz a lökhárító csatlakozik. Beépíthető az **1** ütközési energiaelnyelő elem a lökhárító belső szerkezeti részeként, hossztengelyével célszerűen párhuzamosan a hossztengelyével. Ilyen beépítésnél a **3** homlokoldalhoz csatlakozik a lökhárító idegen tárggyal ütköző külső, deformálódó teherbíró hátlapja. A homlokfelület és a hátlap közé nagy számú, párhuzamos elrendezésű **1** ütközési energiaelnyelő elem építhető be.

Az **1** ütközési energiaelnyelő elem a **3** homlokoldalánál axiális gyűrődés van, további szakaszon a keresztmetszeti szelvény gyűrű alakú, tehát az **5** fal egyenletes vastagságú. A külső átmérő, az **5** fal vastagsága, valamint a teljes hossz aránya úgy van megválasztva, hogy axiális terhelő erő hatására kihajlás nem fordulhat elő.

Az **M1.2 ábra** a **6** előgyártmányt mutatja, mely párhuzamos **2** és **3** homlokoldalakkal rendelkező, zártszelvényű (vagy köralakú) cső egyenletes vastagságú **5** oldallal. A zártszelvény vagy csőalakú **6** előgyártmány hossza nagyobb, mint az **1** energiaelnyelő elemé, és rajta a stabilitásvesztési határhoz tartozó axiális erővel történő nyomó hidegalakítás hatására körbefutó **4** gyűrődés képződik. A hidegalakítás közbeni nyomóerő és deformációs út diagramját a **M1.3 ábra** mutatja. Az alakítás kezdetén az  $F$  erő az „a” szakaszban hirtelen növekszik, majd eléri az első  $C_1$  csúcserőértéket, ezt követően az  $F$  erő „b” szakaszban előálló csökkenése ellenére rövidül a **6** előgyártmány, a deformáció révén körbefutó gyűrődés képződik. Az első körbefutó gyűrődés kialakulása után az  $F$  alakító erő a „c” szakaszban újra növekszik, de a „c” szakasz iránytangense sokkal kisebb, mint az „a” szakaszé, miközben megkezdődik a második körbefutó gyűrődés képződése. Az  $F$  erő eléri a második  $C_2$  csúcserőértéket, ezt követően a „d” szakaszban előálló csökkenése ellenére rövidül a **6** előgyártmány, a deformáció révén kiképződik a második körbefutó gyűrődés.

Az **1** ütközési energiaelnyelő elem kizárólag egyetlen körbefutó **4** gyűrődéssel rendelkezik, amit úgy állítunk elő, hogy a nyomó hidegalakításnál a **6** előgyártmányt axiális  $F$  erővel a  $C_1$  csúcserőértékig terheljük, majd csökkentjük a terhelést a „b” szakaszon haladva. Amikor az  $F$  terhelő erő lecsökken a  $C_2$  csúcserőértéknek megfelelő értékig, a terhelést megszüntetjük, az elért deformációs úthossz  $s_1$ . Legfeljebb  $s_2$  deformációs úthosszat engedhetünk meg, melynél az  $F$  erő görbéjének „b” és „c” szakasza csatlakozik egymáshoz.

A **M1.4 ábra** négyzet keresztmetszet szelvényű csőből készült autóbusz rácsvázra szerelt **1** ütközési energiaelnyelő elem együttes ütközési erő ( $F$ ) és deformációs út ( $s$ ) diagramját mutatja példaként. Az ütközési erő  $W_1$  értékéig  $x_1$  hosszúságú rugalmas deformáció lép fel, majd az erő  $W_2$  értékre növekedésekor megindul az **1** ütközési energiaelnyelő összenyomódás több körbefutó gyűrődés képződésével  $x_2$  hosszúságig, miközben az erő  $W_2$  érték körül viszonylag csekély ingadozást mutatva változik. Miután  $W_2$  nagyságú erő hatására további deformáció nem jön létre, az **1** ütközési energiaelnyelő elembe  $W_3$  értékre növekszik az erő és megindul a rácsváz szerkezet deformációja  $x_3$  út eléréséig.

#### ***Szabadalmi igénypontok:***

1. Eljárás ütközési energiaelnyelő elem előállítására azzal jellemezve, hogy zártszelvényű, a kihajlási határnál kisebb hosszúságú csövet/üreges szelvényt axiális irányú nyomó hidegalakításnak vetünk alá egyetlen körbefutó gyűrődés létesítéséhez mindaddig, amíg a terhelő erő az első körbefutó gyűrődést létrehozó erőcsúcserőértéket követően lecsökken a második körbefutó gyűrődést létrehozó – célszerűen kísérletileg megállapított – erőcsúcserőértékig.
2. Ütközési energiaelnyelő elem főleg járművek lökhárítóinak tartó/energiaelnyelő szerkezetéhez, mely zártszelvényű, a kihajlási határnál kisebb hosszúságú cső/üreges szelvény, azzal jellemezve, hogy axiális irányú nyomó hidegalakítással létesített, kizárólag egyetlen körbefutó gyűrődése van.

## M2. Melléklet - Autóbuszok méretezése frontális ütközésre

Mindenfajta ütközésre történő tervezéskor az a feladat, hogy az adott típusú baleset standard baleseti körülményei esetén biztosítsuk a jármű utasainak és vezetőjének a sérülésmentességet illetve a lehető legnagyobb mértékűre növeljük a baleset túlélési esélyüket.

Ha az ember biomechanikai terhelhetőségének ismeretéből indulunk ki, akkor az autóbusz vázszerkezetének felépítését, ütközés alatti viselkedését kell a meghatározott baleseti szituációhoz úgy méretezni, hogy benn utazók biomechanikai terhelése a kívánt szint alatt maradjon. Ennek kettő fontos összetevője van:

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

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

**erő kritérium:** a vázelemek működése (tönkremenetele) a tervezett stabilitásvesztésnek megfelelő sorrendben történik, a stabilitásvesztéshez tartozó erőértékek a sorrendnek megfelelően egyre nagyobbak;

**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);

**alakváltozási kritérium:** az energiaelnyelés közben az alakváltozás nagysága, lehetősége behatárolt, kötött, ennek megfelelően lehet a karosszéria egyes elemeinek sérülésmentességét biztosítani vagy megengedni.

### M2.1 Autóbusz homlokütköztetések (1984)

A fejezetben leírt vizsgálat sorozat 1984-ben történt az IK 400-as karosszéria fejlesztése céljából. [S4] Az AUTÓKUT Járműmechanikai laborja tervezésében és előkészítésével komplett ütközésállósági vizsgálatra került sor egy IK 411 (IK 415 P1) típusú autóbusszal. (Az IK 411 autóbusz az IK 415 első prototípusa volt, de vázszerkezetileg pontosan megegyezett a széria kivitelű IK 415 autóbusszal.) A cél a vázszerkezet energiaelnyelési folyamatának tisztázása, számszerűsíthetőségének megállapítása, illetve az akkor még csak tervezett EGB 80. számú előírás paramétereinek ellenőrzése volt. Az autóbusz energiaelnyelő képességére, a személyautókra vonatkozó követelmények analógiájára, az a célkitűzés fogalmazódott meg házi tervezetünkben, hogy olyan fenékvázat és ráillesztett lökhárító szerkezetet célszerű létrehozni, amely legalább 7 km/h sebességű frontális ütközésnek megfelelő energiát a fenékváz rugalmas alakváltozásával, csak a lökhárító energiaelnyelő elemeinek tervezett összenyomódásával, deformációjával képes elnyelni. Előzetesen felállított, általunk megfogalmazott feltételrendszerünk szerint egy autóbusz frontális ütközésekor:

**3,5 km/h** koccanási sebességig semmiféle 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, jobb esetben cserélhetők;

**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 300 tonnás betonfalnak ütköztettük az autóbuszt, a betonfal elé 50 mm vastag fenyőfaréteggel ellátott merev ütközőlapot szereltünk, amely 4 db erőmérő cellával





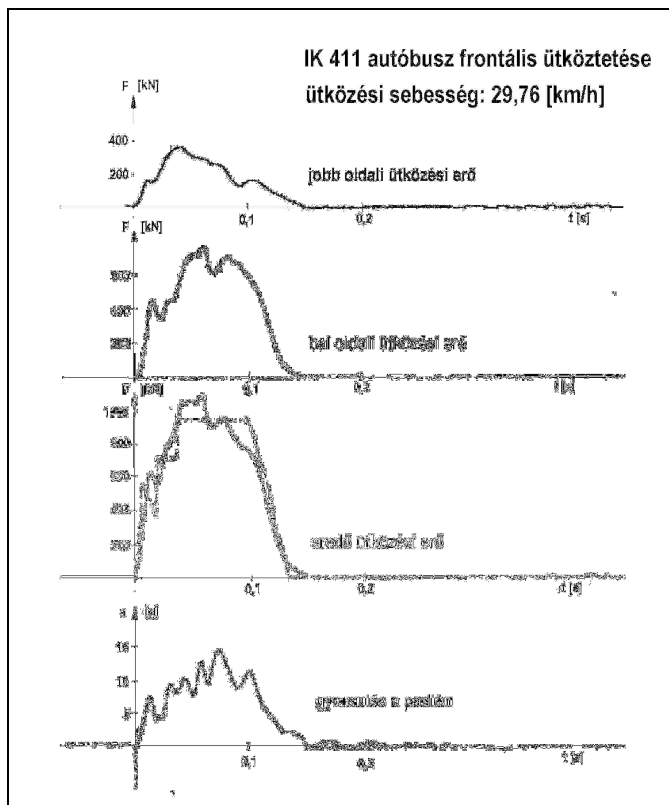


**M2.3.a-c ábrák**

A 29,76 km/h sebességű homlokütközés következményei

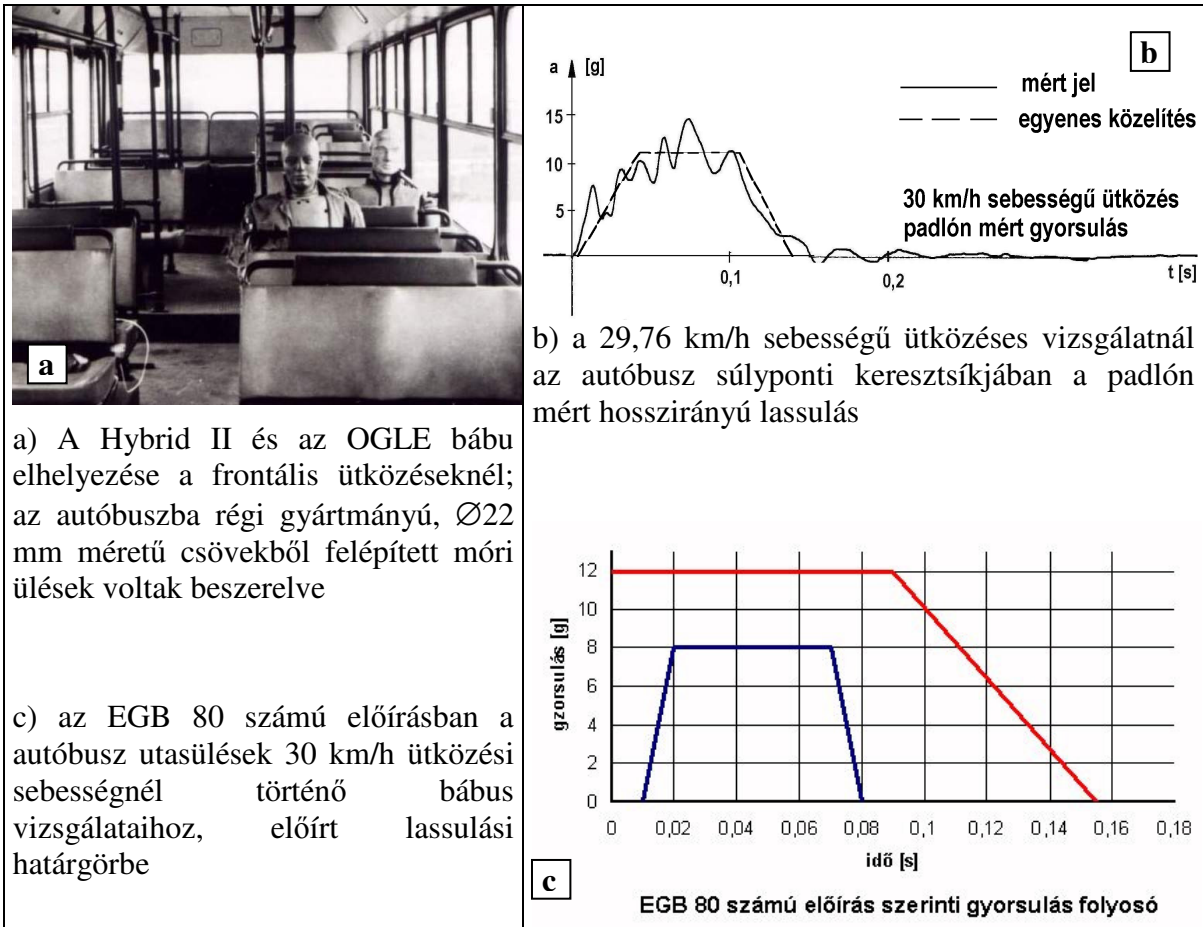
Magyarázat az **M2.3 ábra** képeihez:

- a) A bal hossztartó jelentős képlékeny alakváltozást, deformációt szenvedett a 29,76 km/h sebességű ütközés következtében. 130 mm volt a mérhető összenyomódás;
- b) A jobboldali hossztartón kialakuló képlékeny csuklók következtében 80 mm összenyomódást lehet mérni, de ennek magyarázata a jobb oldalon levő ajtó kiváltásában is rejlik, mert ez miatt a homlokfal benyomódása és ezáltal az energiaelnyelése az ajtófelőli oldalon nagyobb volt;
- c) A vezetőülés az alatta levő dobogóval hátracsúszott, a műszerfal több helyen eltört. (A biztonsági dobogónak köszönhetően a kormánykerék és a vezetőülés háttámlája között maradt 330 mm szabad távolság a vezető túlélésének biztosítására.)



**M2.4 ábra**

A 29,76 km/h sebességgel történt ütközés (bal és jobboldali hossztartón mért és eredő) erő és a padló gyorsulás diagramjai



**M2.5.a-c ábra**

A 29,76 km/h sebességű ütközővizsgálat és az EGB 80. előírás összefüggései

Az **M2.5.b-c ábrákon** látható, hogy az IK 411 autóbusz frontális (29,76 km/h) sebességű ütköztetésekor a padlón mért lassulás egyenes szakaszokkal közelített diagramja jó egyezést mutat az EGB 80. számú előírás által a vizsgálókocsi lassulási görbéjére előírt gyorsulás folyosójával, annak felső határgörbéjéhez közel.

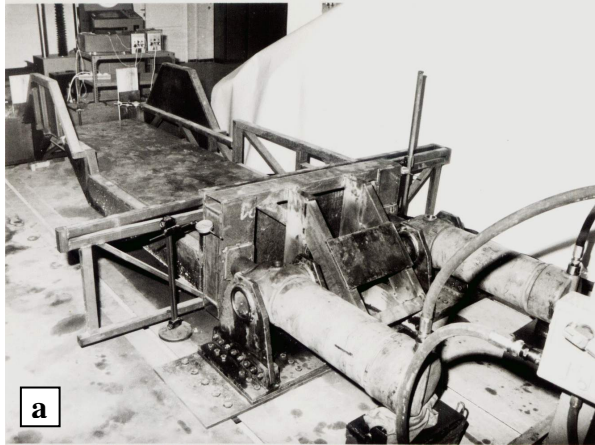
Ezzel az ütközővizsgálattal –járulékos eredményként- gyakorlatilag hitelesítettük az EGB 80. számú előírás követelményének a gyorsulásfolyosóját!

### *M2.1.1 IK 411 fenékváz statikus és dinamikus vizsgálata*

A vázszerkezet tervezésekor cél volt, hogy olyan fenékvázat és ráillesztett lökhárító szerkezetet kell létrehozni, amely 7 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 autóbust számítva: 19 kJ. Ez előzetesen azt jelenti, hogy a fenékváznak min 300 kN erőterhelést deformáció-mentesen kell elviselnie.





**M2.6a-b ábra**

Fenékváz statikus nyomó és ingás ütővizsgálatai

Magyarázat az **M2.6 ábra** elrendezéseihez:

a) Kvázi-statiszkus laborteszt

Az első képlékeny csukló kialakulásához tartozó erő: 290 kN

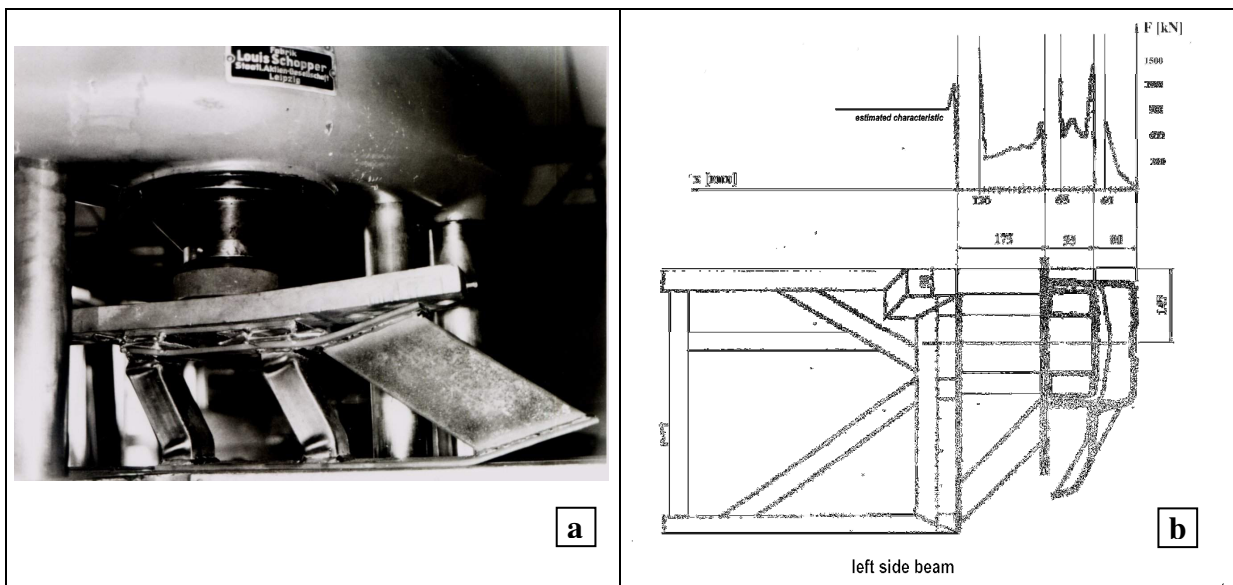
A bal hossztartó alsó övének megerősítése, módosítása után mért érték: 400 kN

b) (4.1 tonnás) ingás ütőművel végrehajtott dinamikus ütővizsgálatok (2 db)

$E_1=16$  kJ – enyhe deformációk (1. ütés)

$E_2=18.5$  kJ – négy képlékeny csukló alakult ki, a szerkezet tönkrement (2. ütés)

### M2.1.2 IK 411 lökhárító közdarabok statikus vizsgálata



**M2.7.a-b ábra**

IK 411 lökhárító energiaelnyelő közdarabjainak statikus nyomóvizsgálata (a) és a teljes lökhárító szerkezetre duplázott erő-elmozdulás függvénye (b)

Az IK 411 K1 autóbuszra egy 200-as típusú lökhárító volt illetve, ennek energiaelnyelő közdarabját statikus nyomóvizsgálat alá vetettük a **M2.7 ábrán** látható elrendezésben. A lökhárító külső burkolata 80 mm vastag poliuretán műanyag, majd ezt követi a vízszintesen végigfutó 2 db 90/50x3 mm méretű zártszelvény. Az ütközéskor fellépő erőhatás az 50 mm méretű oldal felől roppantja össze a szelvényt. Szimmetrikus, teljes felületű ütközéskor a **M2.7 ábra** mérési elrendezés eredményének kétszerese, az ábra jobb oldali diagramján

feltüntetett 1480 kN összegzett erő lesz a lökhárító stabilitásvesztéséhez tartozó erő nagysága. Ez az erő 10 mm elmozdulás alatt lecsökken 680 kN értékre és  $\pm 80$  kN ingadozással további 55 mm összenyomódásig állandónak tekinthető. (A 90 mm-es hosszirányú méretből 65 mm használható energiaelnyelésre.)

A 175 mm hosszú 60/40x2 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 szelvények nem csak hosszirányban deformálódtak, de ki is hajolnak. Összesen 115 mm nagyságú összenyomódásra volt alkalmas a közdarab. (A lökhárító valamennyi zártszelvénye 240 MPa folyáshatárú lágyacélból készült.)

Végeredményben a lökhárító elemei együttesen 240 mm deformációra voltak képesek, de a mérési eredményekből kapott deformációs értékekből és a geometriai elrendezésből az is látható, hogy ez a lökhárító nem volt sem geometria, sem energiaelnyelés szempontjából optimálisan illesztve.

Egyszerű algoritmussal az is számítható, hogy 10 tonna tömegű autóbusz 3,5 km/h sebességű ütközésekor nem várható semmilyen károsodás, 7 km/h ütközési sebességnél, ha teljesen szimmetrikus az ütközés, akkor megfelelően illesztett lökhárító esetén csak a lökhárító elemeiben keletkezhet deformáció, míg 30 km/h sebességű ütközésnél mintegy 400 mm-es deformáció várható, amelynek fele a lökhárítóra, fele pedig a fenékvázra osztható. (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.)

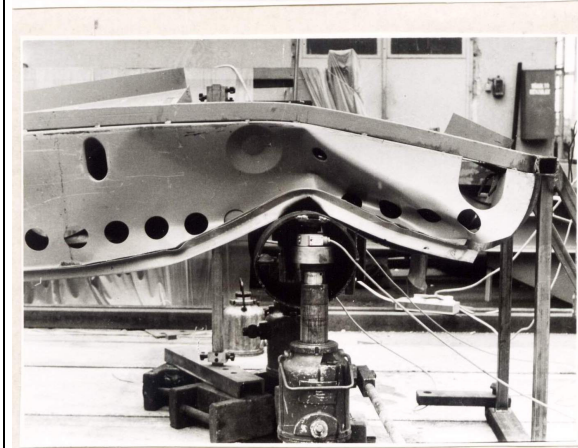
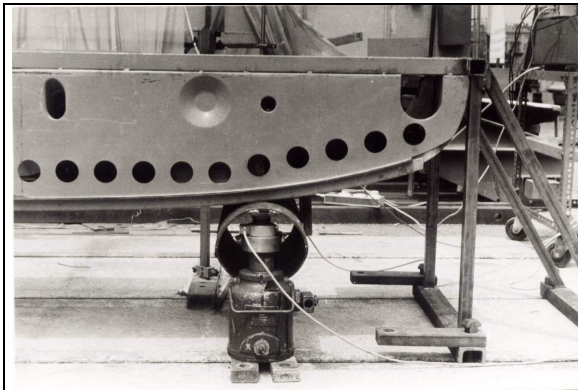
Összehasonlítva az itt látható értékeket a valós autóbusz ütköztetések mérőszámaival, megállapítható, hogy 3,5 km/h sebességnél valóban nem volt csupán rugalmas deformáció, 7 km/h sebességű ütközésnél pedig a lökhárító baloldali közdarabjai megrogytak az aszimmetrikus ütközési erő miatt. 30 km/h sebességű 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 jelentős rugalmas vázdeformációt és 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 homlokkal.

## **M2.2 Egyéb részegység vizsgálatok**

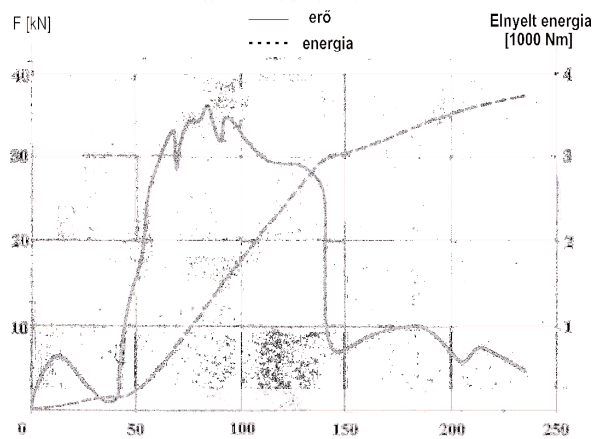
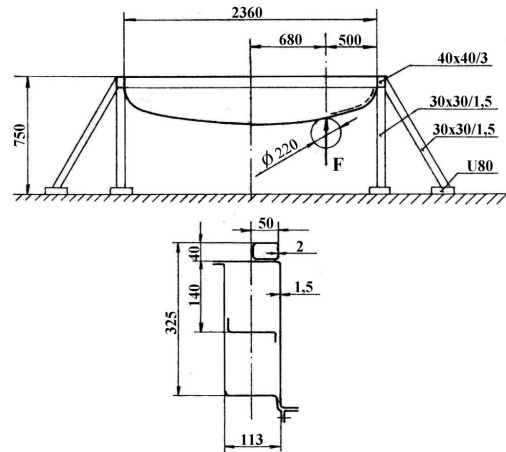
### *M2.2.1 Mellöv statikus nyomóvizsgálata*

Ennél a vizsgálatnál a **M2.8 ábrán** látható elrendezésben és szerkezeti kialakításban egy IK 200-as mellöv zártszelvényvel merevített lemezszerkezetének energiaelnyelési képességét mértük meg, oszlopnak ütközés statikus „szimulációját” megvalósítva, kiterjedt energiaelnyelő képlékeny zónát létrehozva.



**M2.8 ábra**

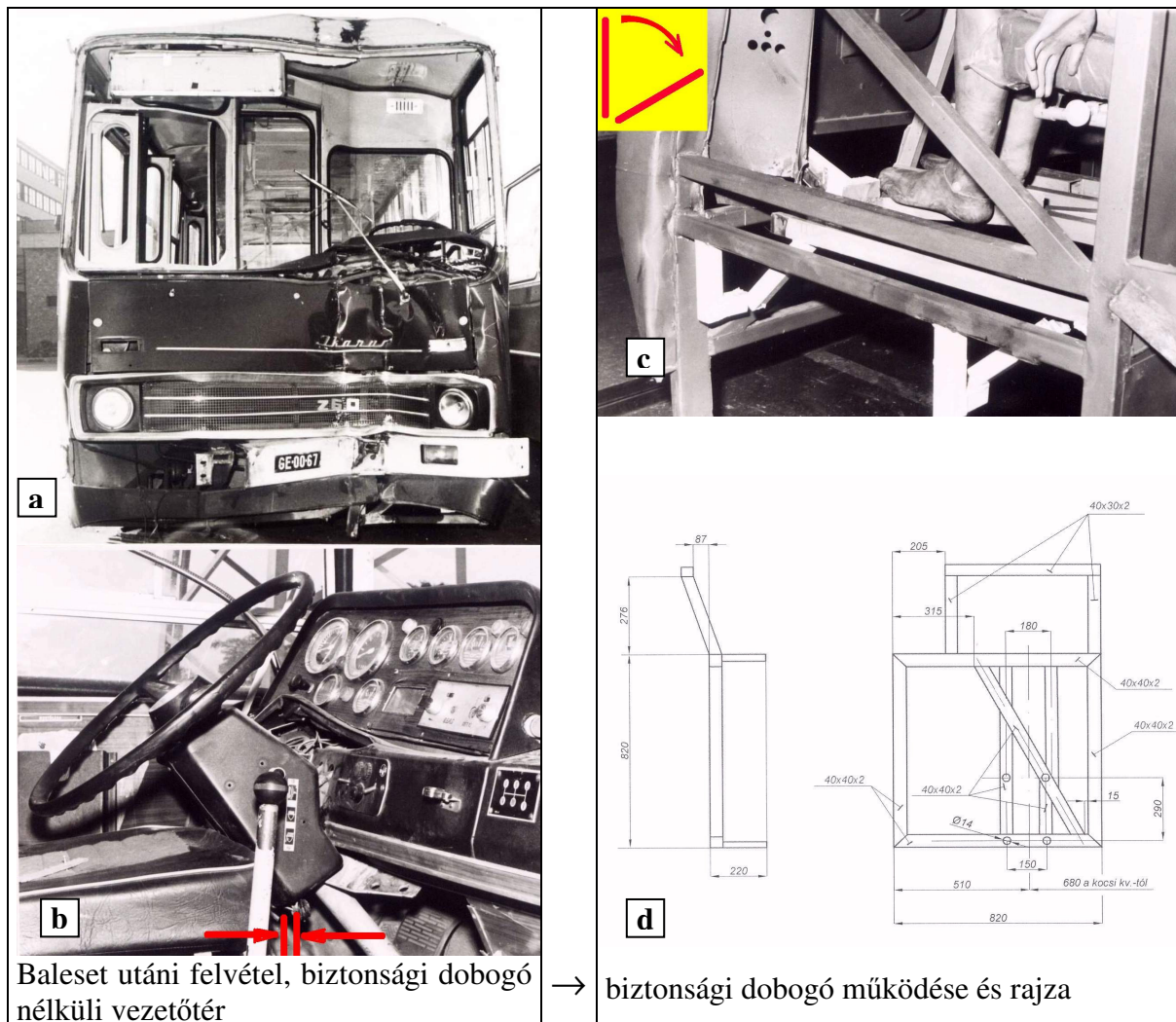
Mellöv statikus nyomóvizsgálata  
(oszlopnak ütközés szimulációja)



Az **M2.8 ábra** diagramjából is látható, hogy az  $\phi 220 \times 6$  mm vastagfalú cső mintegy 140 mm-es benyomódása után a mellöv egyszerűen „eltört”. Az  $s=235$  mm benyomódásig elnyelt energiamennyiség  $W=3700$  Nm.

### M2.2.2 Biztonsági dobogó

A megfelelő túlélési tér biztosítása a vezető számára azt jelenti, hogy a vezető egy ütközéssel baleset után az ülésből segédeszköz nélkül kiemelhető legyen, 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 súlyossága csak ezzel együtt csökkenthető illetve kerülhető el.)



Baleset utáni felvétel, biztonsági dobogó nélküli vezetőtér

→ biztonsági dobogó működése és rajza

### M2.9.a-d ábra

Biztonsági dobogó hiányából származó baleset vezetőtéri deformációja (a-b) és beépített biztonsági dobogóval végzett bábú kísérlet (c-d)

A **M2.9.d ábrán** látható biztonsági dobogó 40/40x2 mm méretű zártszelvényekből készült 820x820 mm befoglaló méretben, a műszerfalhoz 135 mm szintkülönbséggel támaszkodó 275 mm hosszú szelvények pedig 40/30x2 mm méretűek voltak.

### M2.3 Műanyag lökhárító elemek vizsgálatai

Európai előírás nem vonatkozik a lökhárítók kialakítására, energiaelnyelési követelmények sem vonatkoznak rájuk, így a kontinensünkön forgalmazott buszokra szerelt lökhárítókra a gyártók saját elképzeléseik szerint állítanak fel követelményeket.

Európával ellentétben az Amerikai Személyszállítási Egyesület (APTA) Standard Bus Procurement Guidelines 5.4.1.2 paragrafusában pontosan megfogalmazott követelményeket találunk a buszok lökhárítóira vonatkozóan.

*Lökhárítók követelménye (APTA specifikáció 5.4.3.9 paragrafus)*

*Mellső lökhárító:* a lökhárító meg kell védje a buszt, ha egy 4000 font (~1,8 tonna) tömegű, 6,5 mérföld/h (~10,46 km/h) sebességű, előírt ütközőfelülettel ellátott járművel ütközik, a jármű hosszíkjával párhuzamosan; 30°-os szögben történő sarokütközésre 5,5

mérföld/h (~8,85 km/h) a károsodás nélkül elviselendő ütközési sebesség; a lökhárítóknak 10 perc alatt vissza kell nyerni eredeti alakjukat.

*Hátsó lökhárító:* a fentiekkel összhangban, a hosszirányú síkban történő, károsodás nélkül elviselendő sebessége egy 1,8 tonnás adott ütközőfelületű járműnek: 5 mérföld/h (~8,05 km/h), 30°-os szögben történő sarokütközésre pedig 4 mérföld/h (~6,44 km/h).

Itt kell megemlítenünk egy lényeges különbséget az amerikai és az európai előírásokkal kapcsolatban: az 1983-as biztonsági lökhárító szabvány bevezetésével, amely minden személyszállító járműre vonatkozik, a lökhárító homlokfalból előre ill. a hátfalból hátranyúló része az USA-ban nem számítódik bele a jármű hossz méretébe, ami lényegesen kedvezőbbé és felszabadultabbá teszi a tervezők helyzetét.

Az Ikarus majd később a NABI USA-ba exportált buszaira az amerikai Romero vállalat lökhárítóit szerelték kezdetektől fogva, az Ikarus Európának és belföldre készülő autóbuszain pedig döntően, az előző paragrafusban tárgyalt, műanyag héjelemmel bevont, zártszelvényes energiaelnyelő elemekből felépített lökhárítókat alkalmazták. Gyakorlatilag csak az Egyedi Gyár autóbuszainál próbálkoztak teljes egészében műanyag lökhárító megoldásokkal, az ezekhez készült lökhárító elemek előzetes ellenőrző, fejlesztő és minősítő vizsgálatát tartalmazza ez a fejezet. Első lépésben a lökhárító üvegszál erősítésű héját és a polisztirol betétanyagának karakterisztikáit mértük meg a gyártótól kapott műanyag lökhárító mintákon.

### *M2.3.1 Lökhárító középső szegmens vizsgálatok /<sup>1</sup>*

A lökhárítókat három különálló részre bontva szerelik az autóbuszokra. A fejezetben található vizsgálatok csak a hossz tengellyel párhuzamos ütközésekre, a lökhárító középső elemeire koncentráltak, a sarokrészek kimaradtak a vizsgálatból.

A megvizsgált lökhárító szerkezetek:

- a. régi típusú, egyetlen 5 mm-es műanyag héjból álló (felső élén 40/20x2 mm-es zártszelvényű csővel merevített) lökhárító szerkezet (továbbiakban: h = héjszerkezet);
- b. új típusú, terebélyesített, epoxigyantával töltött lökhárító szerkezet (továbbiakban: r = rugalmas lökhárító).

A mellső lökhárítót egy a hossz tartók végeire illesztett, zártszelvényekből kialakított keretre, míg a hátsó, középső lökhárító szegmenst az oldalfalra kivezetett kereszt tartókon található négy darab fémfülre csavarozzák.

Az elemek felső élére szerelt 40/20x2 mm-es merevítő cső az egyedüli fém elem a szegmensekben, egyéb fémrészekből álló, energiaelnyelésre tervezett részei a lökhárító szerkezeteknek nincsenek!

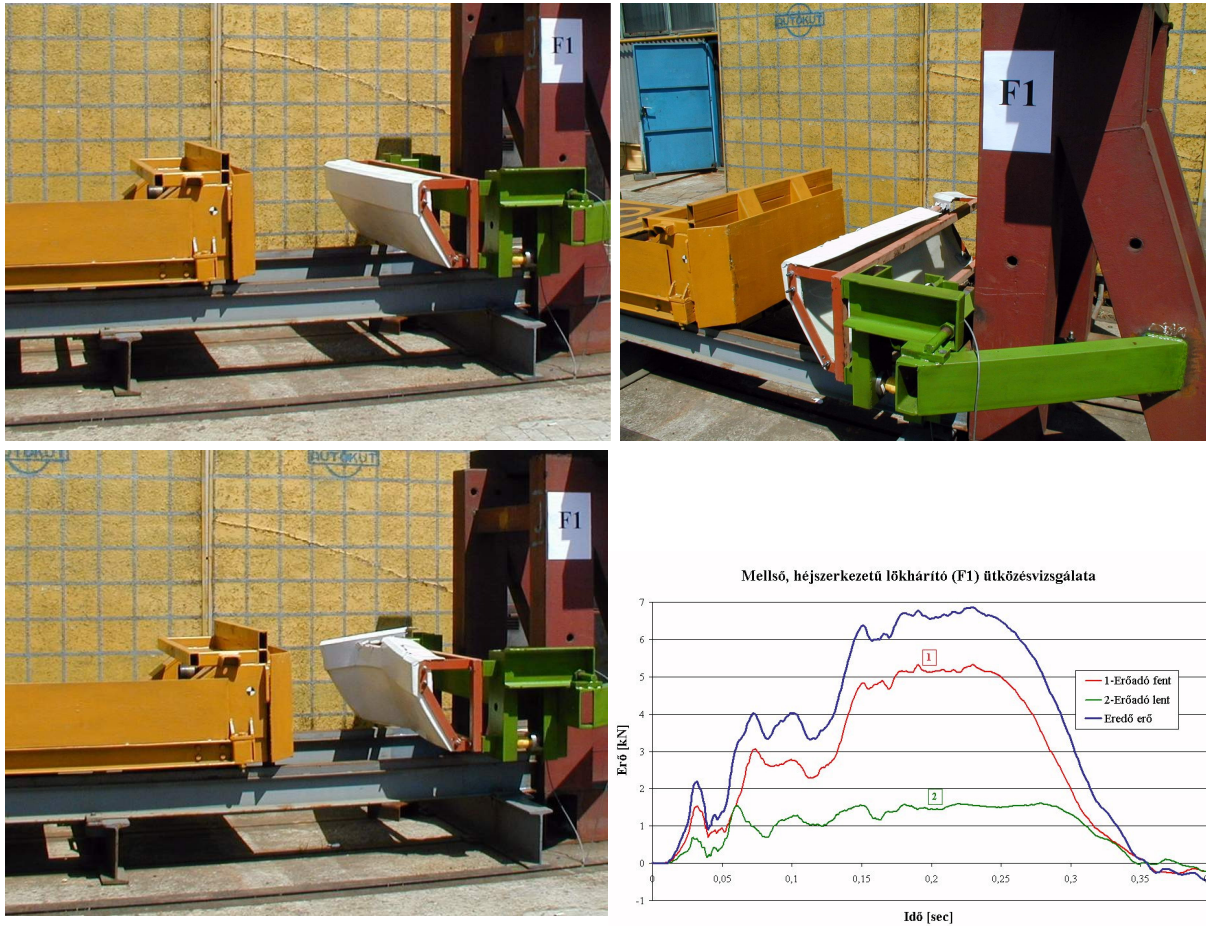
Mérőlánc: a vizsgálatoknál 2 db 100 kN méréshatárú AUTÓKUT által épített és kalibrált erőmérőt használtunk, DMCplus erősítővel és AT 486 számítógéppel az adatok rögzítésére. Az 1,8 tonna tömegre felsúlyozott és az amerikai FMVSS 301 szabvány 2. ábrája szerinti ütközőfelülettel ellátott jármű ütközési sebességét egy különálló, digitális kijelzésű optokapuval mértük.

(Az erőhatásokat a lökhárító feltámasztásoknak csak a baloldalán mértünk, az ütközések során fellepett maximális erőterhelést –a szimmetrikus elrendezés okán– jó közelítéssel meghatározhatjuk, ha a diagrammokon szereplő értékeket megduplázzuk!)

Az elvégzett vizsgálatok erőmérési diagramjai és a mérésekről készült felvételek a **M2.10-14 ábrákon** tanulmányozhatók.

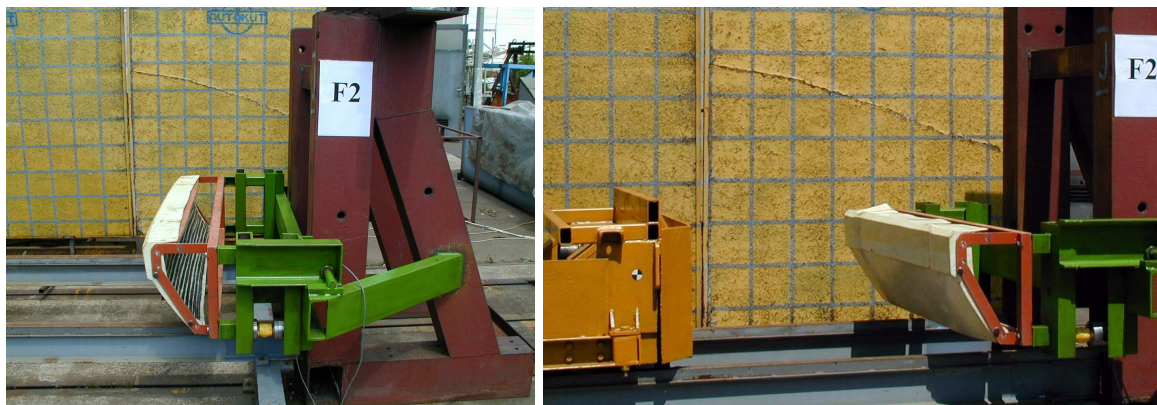
---

<sup>1</sup> Ikarus EAG autóbuszok lökhárítóinak ill. lökhárító elemeinek vizsgálatairól, AUTÓKUT Vizsgálati értesítő VS-012/2000 (I), VS-069/2000 (II), összeállította: Vincze-Pap Sándor

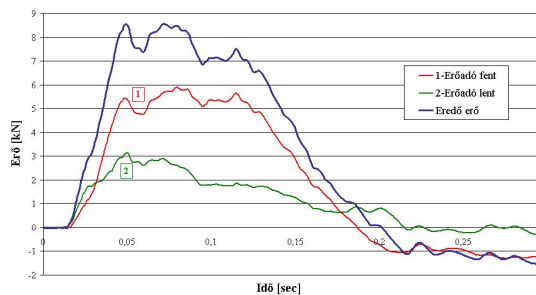


**M2.10.ábra**

Héjszerkezetű, (F1 számozású) mellső műanyag lökhárító szegmens ütközéses vizsgálata 5 km/h ütközési sebességgel, 1800 kg össztömegű vizsgálgóccsal

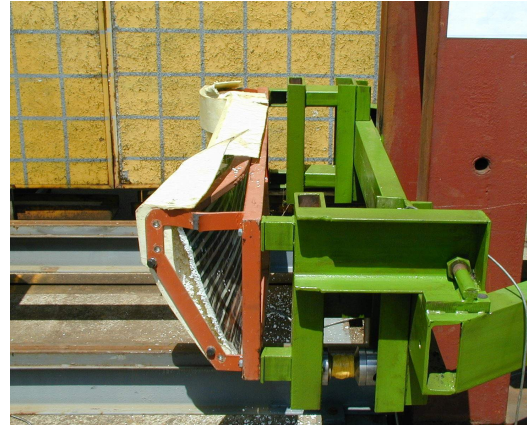


Mellső, epoxigyantával töltött lökhárító (F2) ütközésvizsgálata

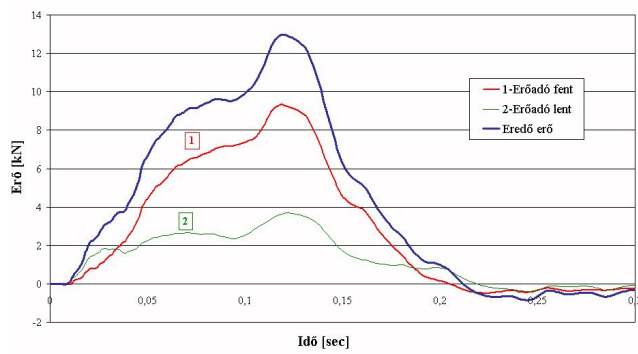


**M2.11 ábra**

Epoxigyantával töltött mellső lökhárító (F2) szerkezet 8,2 km/h sebességű ütközéses vizsgálata; az első felvétel ütközés előtt, a második ütközés után készült. A lökhárító szegmens csekély deformációt szenvedett

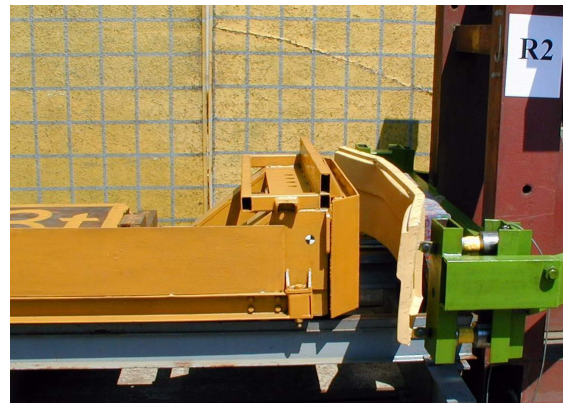


Melső, epoxigyantával töltött lökhárító ismételt (F3) ütközésvizsgálata

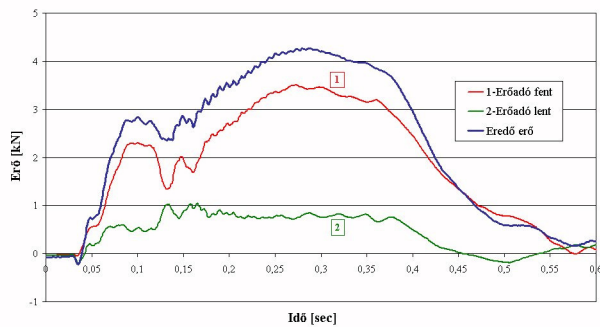


**M2.12 ábra**

A melső lökhárító szegmens (F3) 10,5 km/h sebességű ütközésvizsgálata után készült felvételek



Hátsó, héjszerkezetű lökhárító (R2) ütközésvizsgálata

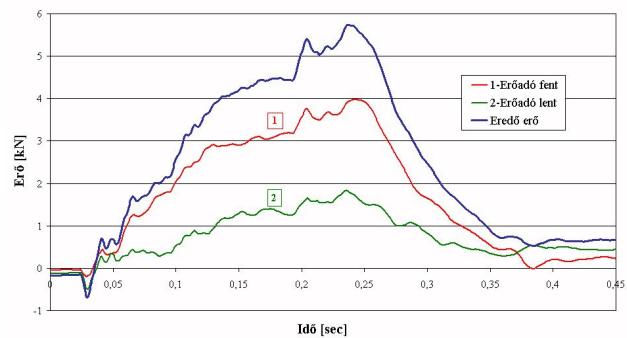


**M2.13 ábra**

Az R2 jelű hátsó héjszerkezetű lökhárító szegmens 5 km/h sebességű ütközésvizsgálata közben és utána készült felvételek



Hátsó, rugalmas lökhárító (R3) ütközésvizsgálata



M2.14 ábra

R3 hátsó rugalmas lökhárító középrész 6,5 km/h sebességű ütközéses vizsgálata és az ütközéses vizsgálatnál a lökhárító feltámasztás bal oldalán mért erőfüggvények

Lökhárító jele	Ütközési sebesség [km/h]	Deformáció [mm]	Maximális erő [kN]	Kiindulási energia [Nm]	Elnyelt energia [Nm]
F1 (h)	5	150	13,8	1615	1220
F2 (r)	8,2	100	17,1	4700	1090
F3 (r)	10,5	200	25,6	7800	2420
R1 (h)	9,3	415	-	-	-
R2 (h)	5	200	8,6	1670	950
R3 (r)	6,5	300	9,7	2900	1750

M2.1 táblázat

A műanyag lökhárító szegmensek ütközéses vizsgálatának összefoglaló táblázata

*megjegyzés: F1,F2,...,R3 a mellső (F) és hátsó (R) lökhárítók vizsgálati számozását jelentik az M2.10-14 ábrákkal összhangban. (Az R1 ütközéses vizsgálat műszerezés nélküli próbaütközés volt, ezért kiértékelése sem szerepel a táblázatban.)*



Az **M2.1 táblázat** a lökhárítóknak a vizsgálatok következtében kialakult teljes deformációját tartalmazza. Az energiaelnyelésben nem csak a lökhárító szerkezetek, hanem a felfogó és kitámasztó berendezés is szerepet játszott.

Az eredmények kiértékelése után tehető fontosabb megállapítások:

- a rugalmas lökhárítók a nagy (200-300 mm) deformációk ellenére 1-2 órán belül visszanyerték eredeti alakjukat (a 10 perces időkorlát azonban nem tartható);
- a kemény, poliuretán műanyag héjszerkezetű lökhárítók sem alakváltozásra, sem energiaelnyelésre nem képesek, csak fedőfelületként alkalmazhatóak; a táblázatban feltüntetett energiaelnyelést nagyrészt a felső élére szerelt 40/20x2 mm-es merevítő zártszelvény okozta;
- a rugalmas lökhárítók energiaelnyelése és stabilitásvesztési ereje majd nagyságrenddel kisebb a hosszartók stabilitásvesztési erőhatáránál, ezért egyedüli energiaelnyelésre nem alkalmasak, csak kiegészítő elemként javasoltak, az illesztést javítani kell;
- az epoxigyanta töltésű, rugalmas lökhárítók, mint külső védőberendezés jónak minősíthetők, a hosszartók csatlakozásánál megfelelő energiaelnyelő elemekkel ill. a hosszartók közötti merevítéssel a lökhárítók energiaelnyelő képessége tovább javítható.