

Autóbusz segédvázkeret (légrugó tartó) statikus terhelése, fárasztó vizsgálata rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálat alkalmazásával

Borbás Lajos * – Thamm Frigyes ** – Gyökös Ferenc***

Abstract

Photoelastic coating investigation in the fatigue test carried out on auto-bus frame structure. The main goal of the investigation is to improve the construction of an auto-bus suspension assistant frame structure by stress and strain analysis, using photoelastic coating technique. The stress analysis was carried out during the fatigue test of the frame structure, under static and dynamic loading conditions.

The main function of the assistant frame structure is to bear the rear undercarriage and dead weight of a bus and to bear the vertical loads coming from the road (vertical forces), and to introduce the push and brake forces (horizontal external loads) into the frame structure of the bus. A collective application of the horizontal and vertical forces was possible in the clamping device of the structure, under laboratory conditions.

The continuous, monitoring-like application of the applied photoelastic coating technique ensures a possibility to predict the possible location, the initiation and propagation of the crack. The measurement results could be used directly in course of FEM analysis, which was modifying the structure.

Bevezetés

„Szerkezeti elemek meghibásodási kockázatának csökkentése nagymértékben függ a tervezés fázisában hozott döntésektől.

A tönkremenetel lehetőségének minimalizálásában jelentős szerepet játszik, hogy az alkalmazott tervezési metodika lehetőséget biztosít-e a lehetséges meghibásodási okok korai feltárására (a tervezés fázisában, valamint a prototípus vizsgálata során).

A szerkezet megvalósításának későbbi szakaszaiban az ilyen hibanalízis eredményeinek figyelembevétele csak lényegesen magasabb költségekkel valósítható meg.”

(Prof. Alessandro Freddi / Diem Bologna University, Olaszország;

IX. Duna-Adria Szimpózium, Trieste, Olaszország, 1992)

Vizsgálatunk során a fejlesztés, konstrukciós finomítás fázisában lévő segédvázkeret szilársági ellenőrzését (nyúlás- és feszültségvizsgálatát) végeztük el statikus és dinamikus terhelési körülmények között. Vizsgálatunk célkitűzései között szerepelt olyan, monitoring rendszerű vizsgálati technika bemutatása és alkalmazása, amelynek segítségével egy szerkezet élettartam-vizsgálata során annak meghibásodása (repedés keletkezése és terjedése) nyomon követhető. A vizsgálat eredményeit a konstrukció továbbfejlesztése során felhasználják.

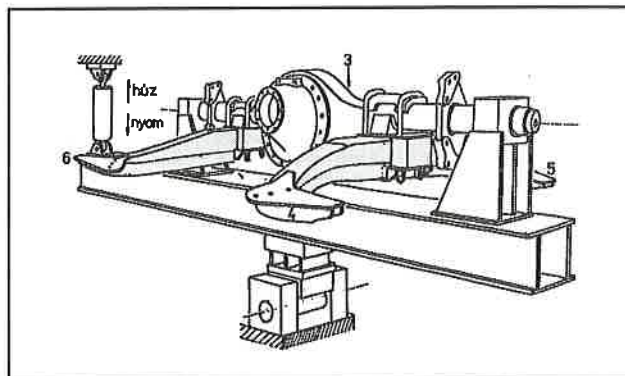
A szerkezet terhelésének körülményei

Vizsgálatunk tárgyát képező autóbusz segédvázkeretet (légrugó tartó) az EMI-TÜV szentendrei laboratóriumában, az erre a célra készített terhelő berendezésben vizsgáltuk. A segédvázkeret egy alsó forgáspont körül szögelfordulást végző tartó gerendára rögzítettük, amely lehetőséget biztosított két, egymásra merőleges munkahenger segítségével a vízszintes és függőleges irányú erők szimulációjára. A vizsgált szerkezet felfogását bemutató perspektívikus rajz az 1. ábrán látható.

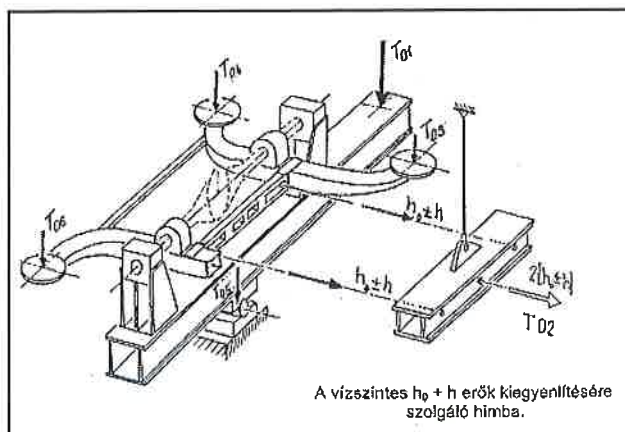
* Ph.D., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Járműelemek és Hajtások Tanszék

** Ph.D., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műszaki Mechanika Tanszék

***EMI-TÜV Szentendre



1. ábra. A vizsgált segédvázkeret felfogását bemutató perspektívikus vázlat



2. ábra. A vizsgált segédvázkereten alkalmazott terhelések modellje

Az alkalmazott terhelések modelljét a 2. ábra szemlélteti.

A szerkezet vizsgálatánál alkalmazott terhelési értékek meghatározásakor feltételeztük, hogy a szerkezet várható élettartama 10^7 igénybevételi ciklus, azaz a fárasztó igénybevétel hatására ekkor hibásodik meg a szerkezet.

A statikus terhelések csoportjainak jelölései, valamint a hozzájuk tartozó terhelések adatait az 1. táblázat tartalmazza.

I. táblázat
Statikus terhelések adatai és azonosítói

| Terhelési azonosító | F_{st} ($T_{03}, T_{04}, T_{05}, T_{06}$) (kN) | h_0 (T_{02}) (kN) | h (T_{02}) (kN) | V (T_{01}) (kN) |
|---------------------|--|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 2 | -30 | 0 | 0 | -30 |
| 5 | -30 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | -30 | +10 | +48 | -30 |
| 11 | -30 | +10 | 0 | -30 |
| 12 | -30 | +10 | -48 | -30 |
| 13 | -30 | +10 | +48 | 0 |
| 14 | -30 | +10 | 0 | 0 |
| 15 | -30 | +10 | -48 | 0 |
| 16 | -30 | +10 | +48 | +30 |
| 17 | -30 | +10 | 0 | +30 |
| 18 | -30 | +10 | -48 | +30 |

A táblázatban a húzást negatív (-), a nyomást pozitív (+) előjellel szerepeltettük.

A ciklikus terhelési vizsgálatnál alkalmazott terhelési körülményeket a II. táblázatban foglaltuk össze.

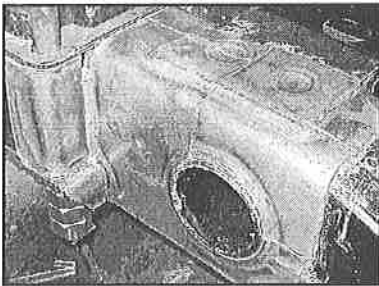
II. táblázat
Fárasztóvizsgálat során alkalmazott terhelések adatai és azonosítói

| Alkalmazott terhelés helye | Terhelés mértéke |
|---|--------------------|
| Rugótányérokon alkalmazott konstans terhelés (F_{st}) | - 30 (kN) |
| Függőleges terhelési komponens (V) | ± 30 (kN) |
| Vízszintes terhelési komponens (h) | $+ 10 \pm 38$ (kN) |

A ciklikus terhelés frekvenciája 2,5 Hz, szinuszos jellemzőkkel.

Nyúlás- és feszültségmérés fotoelasztikus rétegbevonatok alkalmazásával

Vizsgálataink során az optikai feszültségvizsgálat tényleges szerkezetekre kifejlesztett eljárását, a rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálatot alkalmaztuk, a meghibásodás várható környezete teljes felületének optikailag aktív réteggel történt befedésével. Az alkalmazott vizsgálati technikával úgy statikus, mint dinamikus terhelési körülmények között lehetőségünk volt a terhelések hatására kialakuló igénybevételek meghatározására. Statikus terhelési körülmények esetén a kialakuló nyúlás-, és feszültségképeket (rendszám eloszlások) fotózással, míg a fárasztóvizsgálat során észlelt rendszám-eloszlásokat videótechnika alkalmazásával rögzítettük.



3. ábra. Vizsgálóréteggel ellátott felszín egy szegmense

A vizsgálatokra előkészített, rétegbevonattal ellátott felület egy szegmensét a 3. ábrán mutatjuk be.

Mérési eredményeinket a rendszám-eloszlások alapján értékeltük. A számszerűsített eredmények alapjául szolgáló egyszerű összefüggéseket az alábbiakban mutatjuk be.

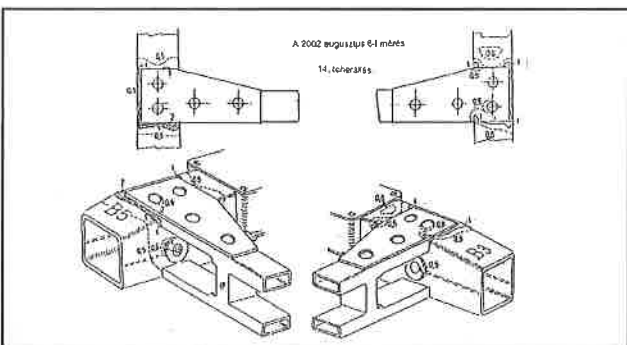
Nyúlásmérési eredményeink feszültségre történő átszámításakor a vizsgált szerkezet anyagának $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa értékű rugalmassági modulus, és $\nu = 0,33$ Poisson-tényező értékének feltételezésével számoltunk, mikor is az egységnyi rendszámhoz ($m = 1$ esetére) tartozó feszültségértékre a lemez peremén az alábbi összefüggés érvényes:

$$\sigma = \sigma_1 = \frac{k \cdot E}{1 + \nu} = \frac{0,68 \cdot 10^{-3} \cdot 2,1 \cdot 10^5}{1 + 0,33} = 91,58 \text{ MPa} \quad (1)$$

A kapcsolat a főnyúlások (ϵ_1 és ϵ_2) valamint a σ_1 és σ_2 főfeszültségek különbsége között a

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{E}{1 + \nu} (\epsilon_1 - \epsilon_2) = m \frac{kE}{1 + \nu} \quad (2)$$

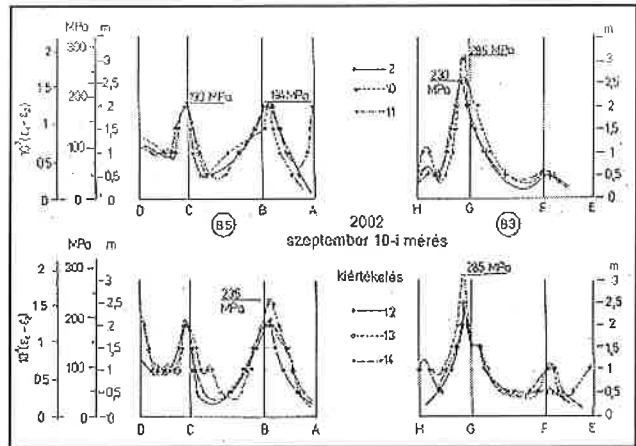
összefüggéssel írható le.



4. ábra. Egy jellegzetes egyberajzolt rendszám-eloszlás a tartó felső síkján, az átkötő lemez környezetében

Összerajzolt rendszám-eloszlásokra a légrugó tartó felső síkján mért értékek alapján mutat példát a 4. ábra. A sávok mentén elhelyezett számok a rendszám értékét mutatják.

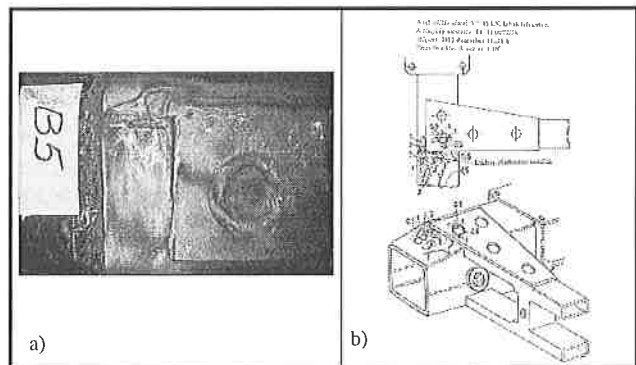
A kiértékelt rendszám-eloszlásokat összerajzoltuk, amelyre egy példát a 5. ábrán láthatunk. A kiértékelt példa a légrugó tartó felső felületén elhelyezett átkötés sarokpontjaiban mért nyúlás értékeit mutatja (átszámítva feszültségre is). Az "A" és "D" betűkkel jelölt helyek az átkötő lemez és a tartó találkozási pontjai, annak belső felületén, az "A" esik közelebb a tartó szimmetria síkjához.



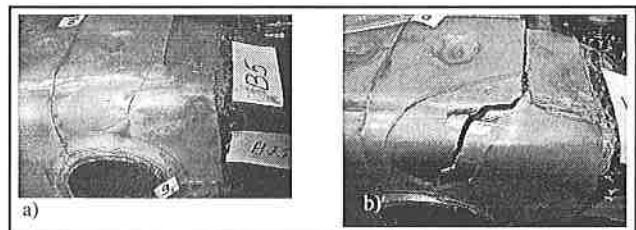
5. ábra. Néhány kiértékelt rendszám-eloszlás, példaként, a légrugó tartó felső átkötésének környezetében

A szerkezet meghibásodása

A fárasztóvizsgálat során a folyamatosan alkalmazott "monitoring", videókorderrel felszerelt polarizskóp segítségével a tönkremenetel meglehetősen pontosan követhető volt. Elsőként megjelentek a tartó felső övében Lüders-Hartmann-elcsúszási vonalak (6/a ábra), amelyek a kezdődő tönkremenetel biztos jelei (6. ábra). A kiértékelés a 6/b ábrán található.



6. ábra. A szerkezet felső övében megjelenő elcsúszási vonalak, és azok kiértékelése



7. ábra. Meghibásodás a tartó BJ5-B5 felületi szegmensein, egymillió igénybevételi számot követően
a) A meghibásodás feszültségoptikai képe, tipikus törésmechanikai felvétel formájában
b) A meghibásodást követően levált bevonat alatt észlelt törési felület

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 térdőerő maximuma: 1,1 kN
- b) a második vizsgálat (mért ütközési sebesség: 6,98 km/h)

*AUTÓKUT