

A DUNAFÖLDVÁRI DUNA-HÍD PRÓBATERHELÉSE

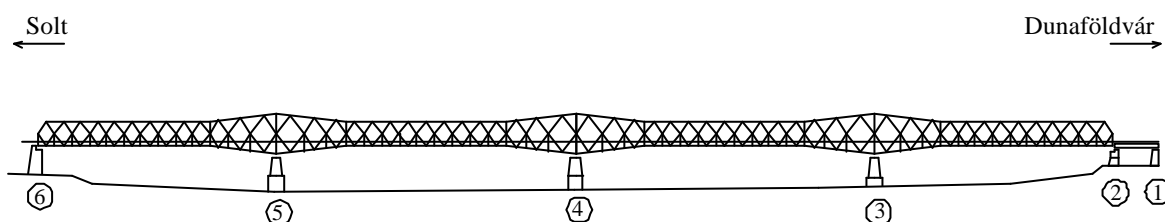
Dunai László* – Szatmári István** – Érfalvy Áron*** – Kálló Miklós**** –
- Köröndi László*****

RÖVID KIVONAT

A dunaföldvári Duna – híd felújítását követően a BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke végezte el a híd próbaterhelését 2001. augusztus 15-16-án. Ebben a cikkben rövid összefoglalást adunk a mérés folyamatáról, eredményeiről és az ezekből levonható fontosabb következtetésekről.

I. BEVEZETÉS

A híd jellemzői. A híd négynyílású (109.44 – 136.80 – 136.80 – 109.44 méter), folytatólagos, két fotartós, támaszok felett alul-felül kiékel, rombikus rácsoszerű gerenda szerkezet (ld. 1. ábra). A rácsos tartók övei mezőben párhuzamosak, a csomópontjaik mezőben állandó, a kiékelés közelében változó távolságúak. Érdekes, hogy a déli (kifolyási) fotartó szelvényei lényegesen erősebbek, mint az északi (befolyási) fotartóé. Ennek oka az eredetileg a hídon átvezetett vasútvonal alvízi elhelyezése, amely jelen átépítés során megszűnt. A kocsi pályá szélessége 7000 mm (két sáv), teherhordó szerkezete keresztirányban futó háromszög bordás, ortotróp acéllemez. A hídhöz a dunaföldvári parton egy 15.89 m nyílású feljáróhíd csatlakozik.



1. ábra: A dunaföldvári Duna-híd vázlatos oldalnézete

* okl. építőmérnök, Dr. habil., egyetemi docens, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

** okl. mérnök, Dr. habil., egyetemi docens, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

*** egyetemi hallgató, BME Építőmérnöki Kar

**** okl. villamosmérnök, dr. techn., tudományos munkatárs, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

***** okl. mérnök, dr. techn., tudományos munkatárs, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

A próbaterhelés célja. A próbaterhelés a forgalomba helyezési eljárás része, így elsődleges célja az összes hídnívó vizsgálata minősítő jelleggel, annak igazolására, hogy azok eleget tesznek a teherbírási követelményeknek. Célként tűztük ki továbbá az azonos méretű nyílások közül egy-egy nyílás részletes vizsgálatát annak érdekében, hogy adatokat nyerjünk a szerkezet rugalmas erőtéréről, a térbeli együttlétezés mértékéről, a dinamikus többletről valamint az ortotróp pályalemez viselkedéséről.

A próbaterhelés végrehajtása. A méréseket statikus és dinamikus terhelésre hajtottuk végre az alábbiak szerint.

A statikus mérések során meghatároztuk a szerkezet lehajlását, valamint négy keresztmetszetben, mindkét főtartó alsó és felső öveiben, a szerkezeti elemek nyúlását, húzó tehergépkocsival kialakított mértékadó teherállások esetén. Ezt követően a szerkezet mértékadó keresztmetszeteiben nyúlásméréssel feszültségi vonathatásábrát vettünk fel hosszirányú ordinátán lépésekben haladó – négy tehergépkocsiból álló – járműteherre. Az ortotróp pályalemez lokális viselkedését a jellemző pontokon – lemezmező, borda, hegesztések környezete – elhelyezett nyúlásmérő ellenállások segítségével vizsgáltuk, egy tehergépkocsi kereszt- és hosszirányú mozgásával.

A dinamikus mérések során először meghatároztuk a szerkezet önrezgésszámát természetes gerjesztés hatására, gyorsulásmérők használatával, majd mértük a dinamikus többletet villamos nyúlásmérés segítségével, a hídon különböző sebességgel haladó tehergépkocsik esetén.

Ebben a cikkben a főtartó statikus és dinamikus vizsgálatai közül a legfontosabbnak ítélt eredményeket mutatjuk be. Megjegyezzük, hogy az ortotróp pályalemez méréseinek eredményeit a harmadik szerző előkészületben lévő TDK dolgozata részletesen ismerteti.

2. STATIKUS MÉRÉS

2.1. Terhek

A híd tervezett teherbírása az MSZ 3710 szabvány szerinti A osztályú, azaz a kocsi pályára terhei 4 kN/m^2 egyenletesen megoszló teher és egy db 800 kN összsúlyú tehergépkocsi.

A statikus mérésekhez összesen 20 db KAMAZ típusú tehergépkocsit alkalmaztunk teherként, egyenként átlagosan 220 kN összsúlyban.

Az alkalmazott teherrel igyekeztünk a statikai számítás szerinti ideális terhet megközelíteni. Ezt a parti-nyílások esetén 96, a közbenso nyílások esetén, pedig 89 %-ban sikerült megvalósítani.

A statikus mérés során összesen 14 teherállást vizsgáltunk. Ezek közül 5 mérést az üres hídon hajtottunk végre; 4 teherállás a nyílások közepén elhelyezkedő keresztmetszetek hajlítására, illetve lehajlására mértékadó teher; 3 teherállás a közbenso támaszok feletti keresztmetszetek hajlítására, illetve támaszreakcióra vonatkozó elrendezés; 2 féloldalas

teherállítás pedig a csavarásból származó feszültségek, illetve lehajlások meghatározására irányult.

2.2. Lehajlásmérés

A lehajlás várható értékeit előzetesen számítással határoztuk meg a fotartó ellenőrzésére a tervezési munkák során kifejlesztett modellek használatával. A lehajlás-mérés során ezeket ellenőriztük valamennyi teherállásban. A mérést szintezéssel, felsorendű szintezomuszerek alkalmazásával hajtottuk végre, mindkét fotartón, egymástól független vonalon. Szintezési pontként a keresztartók vonalában elhelyezett, állandósított csapokat használtunk. A mérést – a forgalmi követelmények miatt – éjszaka hajtottuk végre. A leolvasási nehézségek ellenére ez a mérés pontossága (± 0.5 mm) szempontjából kedvezőbbnek bizonyult, mivel kiküszöböltük a napközben tapasztalható kedvezőtlen hatásokat (légrezgés, egyenlotlen felmelegedésből adódó alakváltozások).

A lehajlásokat a mérési pontok közötti magasságkülönbségek halmozásával számítottuk, majd grafikus formában ábrázoltuk. A 2. – 4. ábrákon illusztráljuk a lehajlásmérés eredményeit három teherállás esetén. A terhelést a hídhálózati rajzon szürke sávok mutatják. Az ábrákon a két fotartó mért és számított lehajlási értékei szerepelnek.

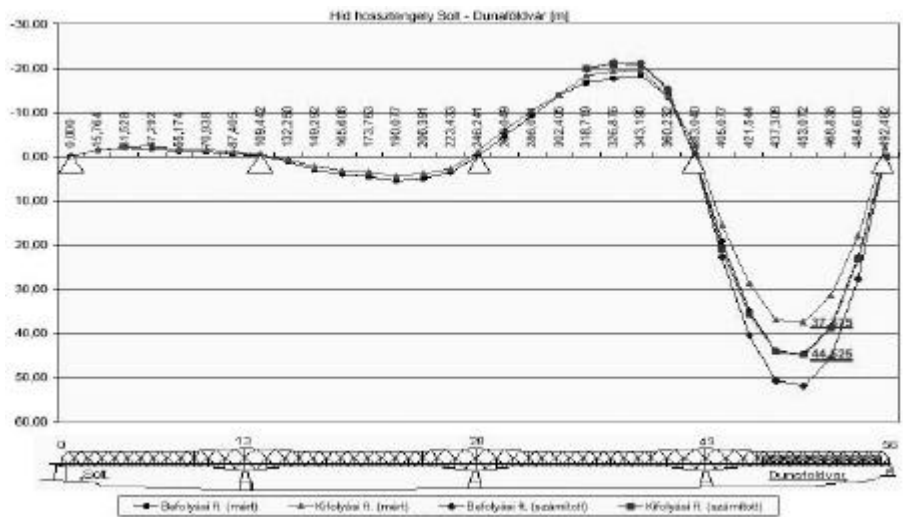
Az eredmények alapján megállapítható, hogy a mért lehajlási eredmények megfelelő egyezést mutatnak a számított értékekkel: a mért és számított lehajlások viszonya 82 – 92 % tartományba esik. A támasznyomatékokra mértékadó teher-állásokban mért lehajlásokból számítható görbület is hasonló egyezést mutat. A számítási modell ezen kívül jól tükrözi a szerkezet csavarómerevségét és a két fotartó közötti tehereloszlás mértékét.

2.3. Villamos nyúlásmérés

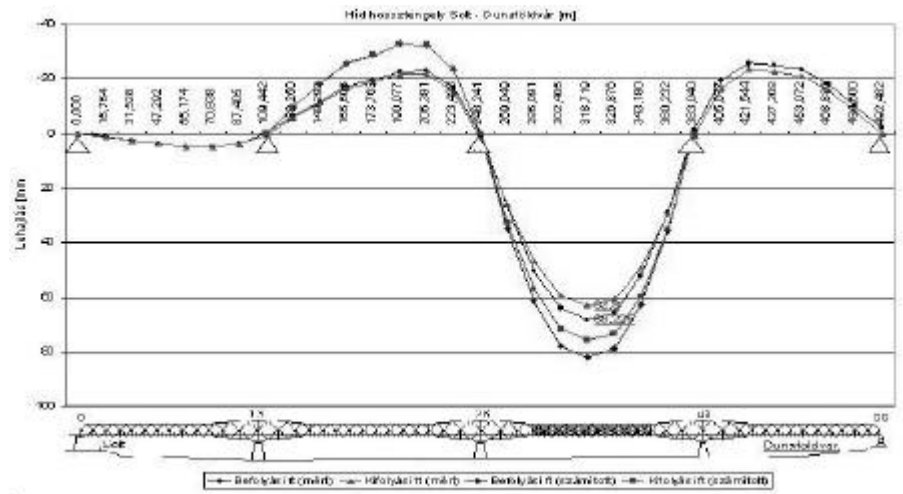
A nyúlásmérést a fotartó négy keresztmetszetében hajtottuk végre. Két mért keresztmetszetet a mezonyomatékokra mértékadó helyen, tartóközépen, a másik két mért keresztmetszetet a közbenso támaszok felett vettük fel. Egy-egy keresztmetszetben nyolc mérőbéllyeg került felhelyezésre. A felső övön a béllyegek az övlemez tetején, a gerinc felett, míg az alsó övön a gerinclemez alulról mért harmadában a külső felületen helyezkedtek el.

A nyúlás várható értékeit előzetesen számítással határoztuk meg a 2.2 pontban hivatkozott, a tervezés során kifejlesztett modellek segítségével. A mért nyúlásokból feszültség értékeket számoltunk, majd az adott övre vonatkozó két mérőbéllyeg eredményeinek átlagát képeztük. A mért és számított feszültség értékeket grafikusán ábrázoltuk, az alsó illetve csak a felső övekre vonatkozóan az összes teherállásban. Az 5–6. ábrákon bemutatjuk a számított és mért értékeket, a dunaföldvári szélső nyílás mezőközépen felvett keresztmetszete esetén.

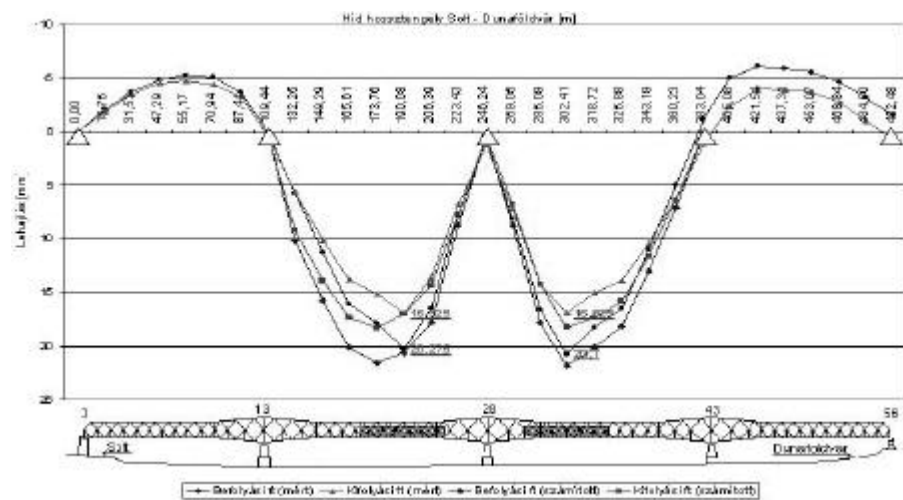
Az eredmények alapján megállapítható, hogy a nyúlásmérésből származó feszültségek általában kisebbek, mint a számított értékek. Az alsó öv mért feszültségei jobban illeszkednek a számított értékekhez, mint a felső öv feszültségei. Megjegyezzük, hogy a mért feszültségek abszolút értéke sehol nem haladja meg a 40 MPa értéket, amely mind teherbírás mind pedig fáradás szempontjából a fotartó igen alacsony kihasználtságát jelenti.



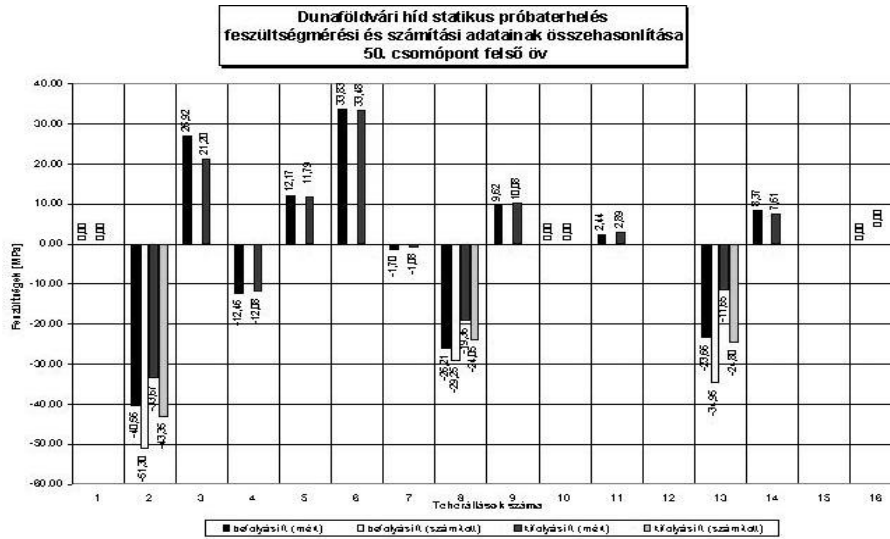
2. ábra: Lehajlási ábra: szélső nyílás, totális teher



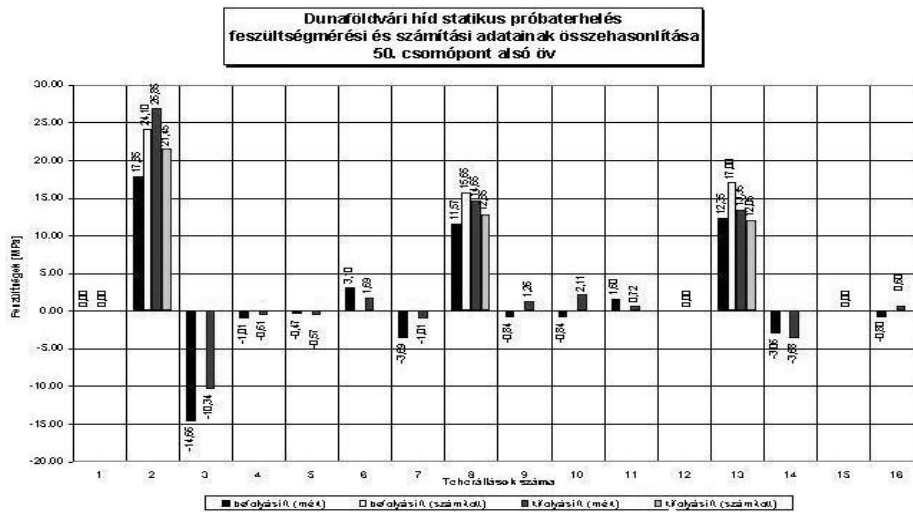
3. ábra: Lehajlási ábra: közbenso nyílás, totális teher



4. ábra: Lehajlási ábra: totális teher, középso támaszra



5. ábra: Feszültségek: szélső mezo, felső öv



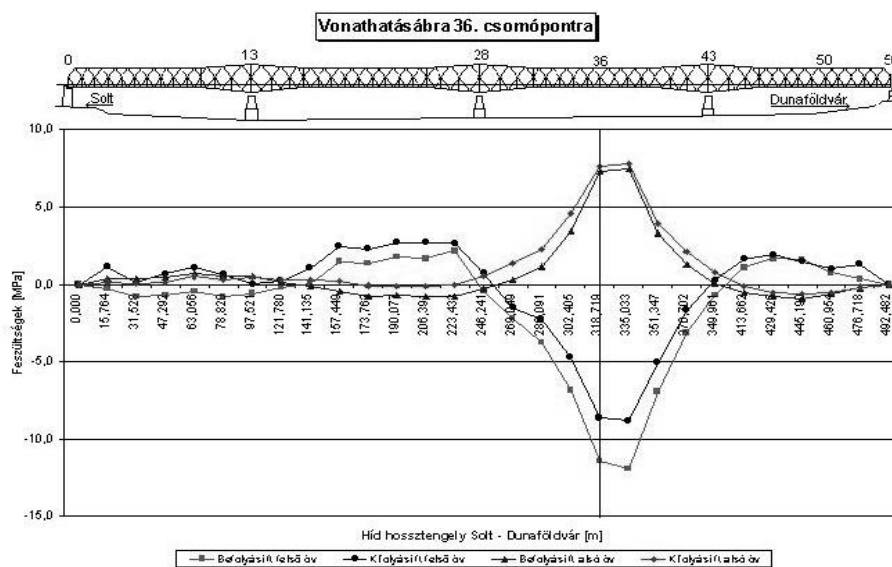
6. ábra: Feszültségek: szélső mezo, alsó öv

2.4. Vonathatásábra

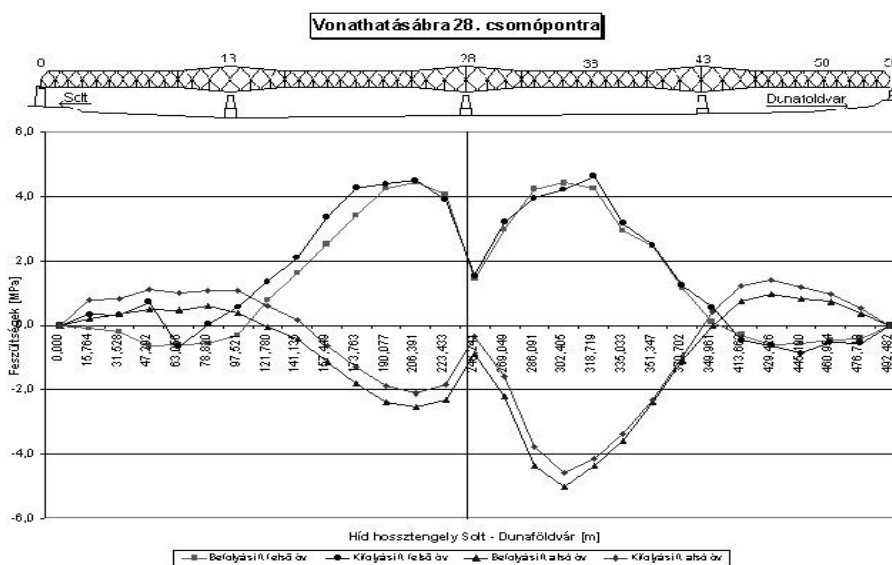
A vonathatásábra felvételének célja a főtartó erőjátékának elemzése hosszirányban végighaladó – statikus – jármuteher hatására. A mérés során a 2.3 fejezet szerinti mérőhelyeken villamos nyúlásméréssel meghatároztuk a keletkező nyúlásokat a hosszirányban két keresztirányú közönségtérrel haladó, 4 tehergépkocsiból álló jármuteherre. A

nyúlásokból feszültségeket számítottunk, majd ezeket feszültségi vonat-hatásábrákon ábrázoltuk. A 7-8. ábrákon az adott fotartó keresztmetszetre vonatkozó négy hatásábrát mutatunk be (alsó-felső öv, be-, illetve kifolyási oldal).

A vonathatásábrák jól szemléltetik a folytatólagos többtámaszú szerkezetekre jellemző feszültségváltozási tendenciákat, jól tükrözik a fotartók szelvényeiben lévő különbségek hatását. A vonathatásábrák alapján, sem a nyílásközépen sem a támaszok fölötti feszültségek mértéke, illetve eloszlása nem utalt rendellenes statikai viselkedésre. Megjegyezzük, hogy az ábrákon tapasztalható támasz feletti „nemnulla” értékek részint a mérőbélyegek külpontos (nem pontosan támasz feletti) elhelyezéséből, részint pedig a járműcsoport nem koncentrált hatásából adódik. A bélyegek külpontos elhelyezésének oka a támaszok feletti illesztések feszültséget módosító hatásának elkerülése volt.



7. ábra: Feszültségi vonatathatásábra: támasz felett



8. ábra: Feszültségi vonathatásábra: nyílásközép

3. DINAMIKUS MÉRÉS

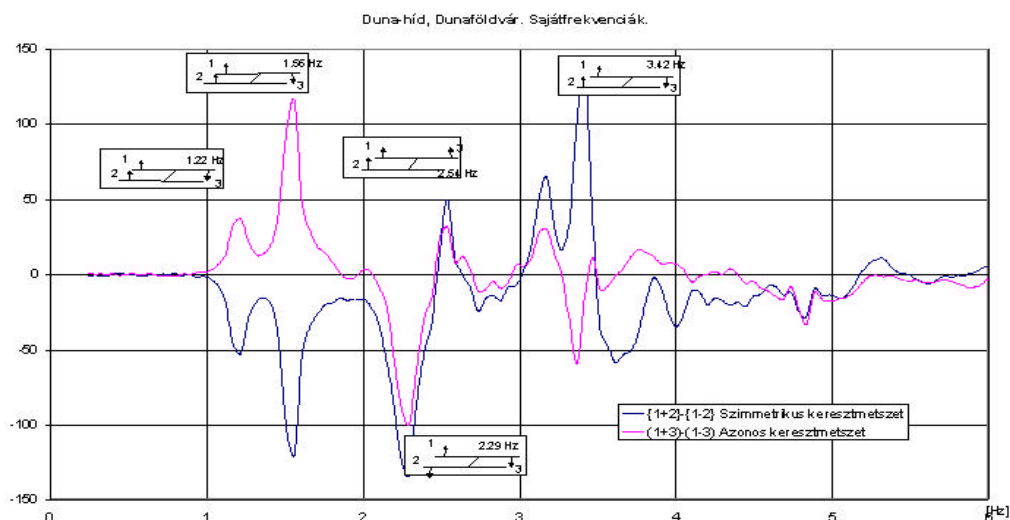
3.1. Az alkalmazott teher

A dinamikus mérésekhez két tehergépkocsit alkalmaztunk, 214,80 kN illetve 214,20 kN összsúllyal. A tehergépkocsikat egyenként küldtük végig a hídon 5, 30 és 60 km/óra sebességgel, mindig a befolyási oldali forgalmi sávban, így összesen 6 menetben mértük a híd dinamikus viselkedését egy vizsgált nyílás esetén.

3.2. A híd önrezgésszámainak meghatározása

A jellemző önrezgésszámokat az 1. ábra szerinti 2-3 és 3-4 pillérek közötti két nyílásban határoztuk meg, természetes gerjesztés hatására gyorsulásmérők használatával. A gyorsulásmérőket a 3. pillérré szimmetrikusan, a negyedik keresztartó keresztmetszetében a fotartón helyeztük el (a 2-3 nyílásban az 1. jelu mérőhelyet a kifolyási, a 2. jelut a befolyási oldalon, a 3-4 nyílásban a 3. jelut a kifolyási oldalon).

A sztochasztikus jellegű terhelés hatására keletkező gyorsulásjeleket utólag elemezve meghatároztuk a fáziskép-spektrumokat, melyeken a sajátfrekvenciák jellegzetes csúcsokként jelentkeznek (ld a 9. ábrán). Ezek alapján látható, hogy hajlító jellegű sajátfrekvenciák találhatók 1.22 és 1.56 Hz-nél, csavaró sajátfrekvencia 2.29 Hz-nél, majd további hajlító sajátfrekvenciák 2.54 és 3.17 Hz-nél, majd ismét egy csavaró sajátfrekvencia 3.42 Hz-nél.

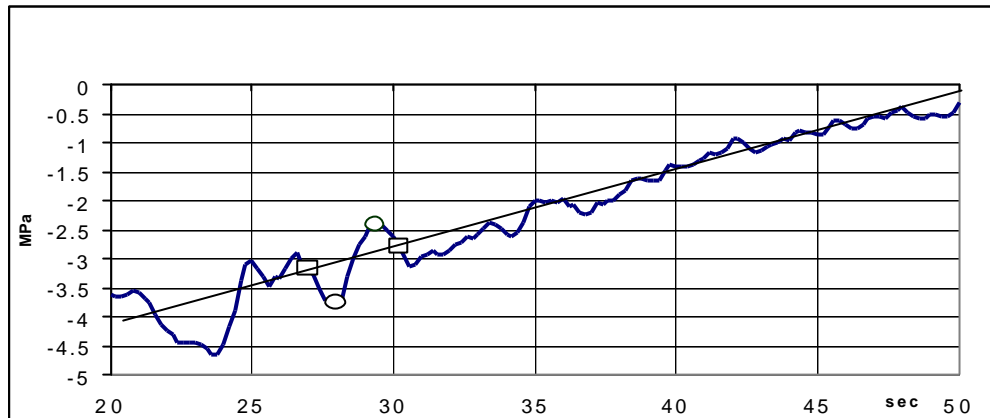


9. ábra: Fáziskép-spektrumok

3.3. A dinamikus többlet mérése

A dinamikus hatásból adódó többletnyúlásokat a 2-3 és 3-4 nyílásokban mértük, nyílásonként 6 csatornán. A mérési programban a statikus próbaterhelésnél használt villamos nyúlásmérő ellenállások közül mindkét nyílásban mértük a nyílásközépből az alsó és a felső övekben, a támasznál az alsó övekben ébredő feszültségeket.

A mérések eredményeit kiértékelve megállapítható, hogy a nagyobb sebességeknél mért szélsőértékek egyetlen alkalommal sem haladták meg az ugyanazon a mérőhelyen a lépésben történő áthaladás során mért szélsőértékeket. Ezek alapján tehát a dinamikus hatás nagyságára nem következtethetünk. Ennek oka nagyrészt az, hogy a lépésben történő áthaladás során is (a helyszínen, fizikailag érzékelhetően is) fellépett dinamikus többlet, de befolyásolta a mérés pontosságát, hogy igen kicsiny (4 MPa körüli) hatásokat kellett mérni, ami a mérés jel/zaj viszonyát kedvezőtlenül befolyásolta.



y1 =	-3.164	y3 =	-2.414
y2 =	-3.746	y4 =	-2.62
ymax =	-4.64		

10. ábra. A dinamikus hatás becslése

A dinamikus hatás nagyságának becslésére kísérletet tettünk a 2-3 nyíláson történt egyik gyors áthaladás egy részletének vizsgálatával (10. ábra). Tétélezzük fel, hogy a kinagyított szakaszon a feszültség lineárisan változna, erre rakódik rá egy szinuszos lengés. Kiválasztottunk egy periódust (a kezdő y_1 és a záró y_4 pontot négyzettel, az y_2 és y_3 szélsőértékeket körökkel jelöltük), melynek teljes lengésterjedelme $(y_2 - y_3) - (y_1 - y_4)$, amplitúdója ennek fele. A számítást elvégezve az amplitúdó nagyságára 0.394 MPa érték adódik, melyet az ugyanezen a mérőhelyen mért szélsőértékre (y_{max}) vonatkoztatva 8.5% dinamikus többletet, $\mu=1.085$ dinamikus tényezőt kapunk (szabványos érték $\mu=1.09$).

4. ÖSSZEFOGLALÓ MEGJEGYZÉS

A statikus és dinamikus mérések eredményeit értékelve megállapítottuk, hogy a híd mindenben megfelel a szabványos A jelu teher viselésére. Az eredmények ugyanakkor több olyan információval is szolgálnak (pl. hossz- és keresztirányú tehereloszlás a nemszimmetrikus fotartókon, dinamikus hatások, pályaszerkezet viselkedése), amelyek felhasználhatók meglévő hídjaink felújítása, illetve új hidak tervezése kapcsán.