Kövesdi Balázs

ACÉLHIDAK INNOVATÍV MÉRETEZÉSI MÓDSZEREI

MTA doktori mű bírálata

1. Bevezetés

Az MTA Doktori Tanácsa 2022. április 5-i levelében kért fel Kövesdi Balázs (továbbiakban: Pályázó) MTA doktori művének bírálatára. Mivel magam is acélszerkezetek méretezéselméletével foglalkozom, a felkérést elfogadtam.

Az értekezés formai áttekintése után megvizsgálom az értekezés szövegét, majd értékelem a mű tudományos eredményeit. A vizsgálat során folyamatos számozással ellátott **észrevételeket**, illetve **kérdéseket** teszek fel: észrevétel esetén, ha az **kövéren** szedett, **kérdés esetén mindenképpen** várom a Pályázó válaszait. A fejezetek végén összefoglaló véleményt adok a műről. Tekintettel arra, hogy a négy lényegi fejezethez (2-5. fejezetek) egy-egy tézis tartozik, az összefoglalók a tézisekkel kapcsolatos nyilatkozataim indoklásait is magukba foglalják. A szöveg vizsgálatának összegzéseként a teljes doktori mű tudományos színvonalát is értékelem. A főszöveg vizsgálata után minden egyes tézis esetében nyilatkozom arról, hogy a tézist elfogadom, vagy nem fogadom el új tudományos eredménynek. Végezetül nyilatkozom, hogy javaslom-e a doktori mű nyilvános védésre bocsájtását.

A bírálat során követem a doktori eljárás egyik alapvető követelményét, miszerint a doktori műnek a hivatkozások részletes tanulmányozása nélkül, önmagában érthetőnek kell lennie.

2. Az értekezés formai megjelenése

A doktori mű szerkesztése (MS Word Times New Roman) és terjedelme megfelel a formai követelményeknek. A 99 oldalas szöveg öt tartalmi fejezetből áll: 1. Bevezetés (4%); 2. Trapézlemez-gerincű I tartók (22%); 3. Hosszbordával merevített gerendák (23%); 4. gerinclemezes I tartók interakciós viselkedése (25%); 5. Közvetlen teherrel nem terhelt keresztartók (19%). A doktori mű nem tartalmaz függeléket.

A fejezetek felépítése egységes: a probléma felvetésével és a szakirodalom áttekintésével kezdődnek, majd a valós és numerikus kísérletek bemutatásával folytatódnak, végül az új eredmények (méretezési képletek) bemutatásával zárulnak. A fejezetek terjedelmei arányosak, a szöveg érthető és megfelel a magyar nyelv helyesírási szabályainak. A néhány kivételt a bírálat végén soroltam fel.

3. A mű szövegének áttekintése: észrevételek és kérdések

A doktori mű szövegének olvasása közben észrevételeket és kérdéseket fogalmaztam meg, amelyeket folyamatos számozással láttam el. Mindin fejezet végén összefoglaló értékelést adtam.

Az 1. fejezet: „*Bevezetés*”

A mű bevezetése néhány bekezdéssel ellátott négyoldalas osztatlan szöveg, amiben a Pályázó kísérletet tesz a témájának és az eredményeinek rövid bemutatására és elhelyezésére a nemzetközi tudományos térben. Mivel a témában jártas vagyok, számomra meggyőző volt a kísérlet, azonban a témában kevésbé jártas, de a műszaki tudományt értők számára a szöveg feltehetően túl tömör: túl sok ismeretet próbál négy oldalba zsúfolni. Szerencsésebb lett volna a bevezetést több alfejezetre bontani, például a következő négy fejezet témája szerint.

1. ÉSZREVÉTEL: A Bevezetés utolsó szakaszában a Pályázó megfogalmazza a doktori mű vezérfonalát:
(i) „*a trapézlemez-gerincű tartókban nyíróerőből kialakuló keresztirányú hajlítónyomaték meghatározása*”,
(ii) „*a trapézlemez-gerincű tartók nyomatéki ellenállásának meghatározása*”,
(iii) „*a lemezes szerkezetek M-V interakciójának ellenőrzése*”,
(iv) „*a közvetlen teherrel nem terhelt kereszttartók merevségi és teherbírási vizsgálata*”.
Nem tartom szerencsésnek, hogy a folytatásban a fejezetek címei és témái, illetve az azokkal összhangban lévő tézisek nem ezt a tartalmi szerkezetet követik, vagy megfordítva,

Összegzés

A Bevezetés alapján megállapítható, hogy a doktori mű témája szorosan kapcsolódik a hídszerkezetek méretezéséhez. Hiányolom a hidak méretezéselmélete fejlődésének rövid áttekintését, amelyben bemutatható lett volna a Pályázó által képviselt méretezési módszertan „*innovatív*” jellege. E helyett a mű inkább a hídmérnökséget segítő műszaki formaság (szabványosítás) irányába fordult. Ezt viszont magabiztosan, minden szükséges ismeret birtokában teszi.

A 2. fejezet: „*Trapézlemez-gerincű I-tartók hajlítási ellenállása*”

A fejezet áttekintő része megfelelően részletes, jól összefoglalja a témát. A célkitűzés - a nyíróerőből fellépő keresztirányú nyomaték hatásának meghatározása a hajlítási teherbírásra - egyértelmű és világos. A laborkísérletek leírása megfelelően részletes, mégis több észrevételt kell tennem.

2. ÉSZREVÉTEL
(i) A szöveg a próbatestek geometriai kialakítása kapcsán a 3-6. ábrákra hivatkozik, holott a 6. ábra már a mért eredményt mutatja.
(ii) A könnyebb érthetőség kedvéért a terheket is célszerű lett volna ábrázolni.

3. ÉSZREVÉTEL
A 6. ábra a gerinclemez magassága mentén mért normálfeszültséget mutatja. A számszerűen megadott feszültégek adott keresztmetszethez tartoznak, azonban csak annyit tudhatunk meg, hogy az ábra az állandó nyomatékkal terhelt középső gerendaszakaszhoz tartozik. Jobb lett volna megadni a mérés pontos helyét.

4. ÉSZREVÉTEL

A 7. és 8. ábra az övlemezekben mért normálfeszültséget mutatja. Az ábrák aláírása félrevezető: „*tisztán nyomatékkal terhelt gerendákon (1. és 2. próbatest)*” illetve „*hajlítás-nyírás interakciójával terhelt gerendákon (3. próbatest)*”. Helyesen a „gerendákon” helyett „*gerendaszakaszokon*” a helyes. Itt is kifogásolom, hogy nincs megadva a mérés pontos helye.

A folytatásban az elvégzett numerikus szimulációk kerülnek bemutatásra. Sajnálatos, hogy a számítások alapját képező mechanikai modellről alig esik szó.

5. ÉSZREVÉTEL

Egy olyan kutatás esetében, ami numerikus a modellek alkalmazására épülk, szükségesnek tartom a modellek pontos leírását. Ezt mellékletben is meg lehetett volna tenni. **Szükségesnek tartom ennek pótlását!**

6. ÉSZREVÉTEL

A 11. ábrán megadott terhelési eseteket jó lett volna már a laborkísérleteknél megadni, összhangban a próbatestek geometriai kialakításával és a kísérleti teherelrendezésekkel.

A numerikus eredmények értékelése során a Pályázó kétszer hivatkozik a KB1 publikációjára. Véleményem szerint sérül az a követelmény, hogy a hivatkozás érdemben nem járulhat hozzá a doktori mű értékéhez, mivel annak a hivatkozások nélkül is teljesnek és érthetőnek kell lenni.

Az utolsó alfejezet a nyomatéki teherbírásnak az EC3 szabványban található méretezési képletét értékeli a numerikus vizsgálatok tükrében. A képlet leírásában két formai problémát találtam:

7. ÉSZREVÉTEL

A (2.14) képletben az *Mz* a normálfeszültségnek mint függvénynek a paramétere, míg a képlet alatt a jelölési listában a normálfeszültség indexe. Melyik írásmód a helyes?

8. ÉSZREVÉTEL

Szintén a jelölési listában szerepel, hogy „*χ az övlemez síkra merőleges kihajlásához tartozó csökkentő tényező az EN 1993-1-1 6.3 fejezete alapján*”. Nem egyértelmű, hogy mely keresztmetszet alapján kell a kihajlási csökkentő tényezőt számolni.

Az alfejezet többoldalas elemző-értékelő szöveggel folytatódik. A követhetőség érdekében érdemes lett volna további alfejezetekre bontani a szöveget. A numerikus modell leírásánál két problémát találtam:

9. ÉSZREVÉTEL

A 24. oldal 28. sorában az f_y és f_u acélszilárdságokra „*nominális*” érték helyett helyesebb lenne „*karakterisztikus*” értékként hivatkozni. Ugyanis a doktori mű egészére érvényes az a hallgatólagosan követett feltételezés, hogy amennyiben a numerikus modell paraméterei karakterisztikus értékek, akkor a GMNI analízis teherbírási eredménye is karakterisztikus érték, azaz tervezési értéknek tekinthető.

10. KÉRDÉS

A folytatásban a következőket olvashatjuk: „*Stabilitási sajátalak formájú helyettesítő geometriai imperfekciót alkalmaztam, amely figyelembe tudja venni a hajlítónyomaték és nyíróerő arányának függvényében az imperfekciós alak változását*.” A kérdéseim:

(i) Az analízis során milyen kihajlási módokra utaltak az első sajátalakok?

(ii) A kezdeti geometriai imperfekció valós (tökéletlen modellgeometria) vagy képzetes (helyettesítő teher)?

(iii) Mit kell érteni az „*imperfekciós alak változásán*”?

A fejezet tényleges eredményét a 28. ábra foglalja össze, ahol azt láthatjuk, hogy a nyíróerőnek lényegében nincs hatása a hajlítási ellenállásra. Ebből a szerző azt a következtetést vonta le, hogy az EC3-1-1 eredeti képletéből az f_T kölcsönhatási paramétert el kell hagyni.

Összegzés

A Pályázó kiterjedt és alapos kísérleti és numerikus kutatást folytatott, ami alapján pontosította a trapézlemez gerincű I tartók nyomatéki teherbírásának ismert képletét. A kutatás módszertana megfelel a nemzetközi acélszerkezeti kutatási paradigmának, az **eredménye olyan új tudományos eredménynek tekinthető**, amely közvetlenül szolgálja a mérnöki gyakorlatot. A kutatás olyan sikeres volt, hogy az európai szabványügyi testület, a szabvány revíziója kapcsán, a régi képleteket a pályázó új képleteire cserélte.

A 3. fejezet: „*Hosszbordával merevített gerendák beroppanási ellenállása*”

A fejezet a nemzetközi szakirodalomban fellelhető tervezési képletek kritikájával kezdődik. A kritika tömör állításokra alapozott vélemény, számadatok helyett szakirodalmi hivatkozásokkal. Később bemutatásra kerül az EN1993-1-5 szabvány képlete, mert a Pályázó ezt a képletet kívánta pontosítani, de bemutatja a képletnek Davaine által javasolt módosítását is. Folytatásként számos kutató és kutatási irány kerül megemlítésre, ami inkább arra szolgál, hogy bizonyítsa a szerző szakirodalmi tájékozottságát, mintsem arra, hogy az olvasó lényegi ismeretet szerezzen a különböző megközelítésekről (kivétel Graciano és Mendes képlete a k_F horpadási tényező vonatkozásában).

11. ÉSZREVÉTEL

A méretezéstörténet áttekintése, a tömör szöveg helyett, befogadhatóbb lenne táblázatos feldolgozásban.

A végső következtetés az, hogy a legpontosabb képletek is 20-60%-al alul becsülik a „*valós*” teherbírást, tehát indokolt a kérdés kutatása, mégpedig a Pályázótól már megszokott módszertan alapján: *laboratóriumi kísérletek → numerikus modell → parametrikus tanulmány → a már létező képlet megjavítása.*

A Pályázó összesen 8 kísérletet hajtott végre, különböző számú hosszbordával és kétféle teherelosztási hosszúsággal. A tönkremenetel módja minden esetben a teheroldali első lemezmező horpadásához volt köthető. A kísérletekkel kapcsolatban két kérdés merült fel:

12. KÉRDÉS

(i) „*…ezen értékekkel módosítottam a mért beroppanási ellenállást a közvetlen összehasonlíthatóság érdekében…*” – ez pontosan hogyan történt?

(ii) Miért került két külön ábrába az összevethető kísérletek erő-elmozdulás görbéje? Ugyanis ez megnehezíti az eredmények értékelését!

Az alfejezet a numerikus modell ismertetésével folytatódik.

13. ÉSZREVÉTEL

A numerikus modell leírását itt sem tartom kielégítőnek (ld. a 3.2 szakaszt). Például rejtve marad a helyettesítő geometriai tökéletlenség alakja és amplitúdója.

14. KÉRDÉS

A végeselemháló hatásának vizsgálatát a 38. ábra szemlélteti. Számomra az ábra nem érthető: mit mutat a vízszintes tengely 10-től 50-ig tartó skálája?

A negyedik alfejezetben a szerző az egyenértékű geometriai tökéletlenség (idegen szóval: imperfekció) meghatározásával foglalkozik. A tökéletlenség felvételére 5 lehetőséget sorol fel, de csak kettővel foglalkozik: (1) sajátalak és (2) szinuszhullám alak. Az utóbbi előnyére említi a lokális és a globális tökéletlenség szétválaszthatóságát.

15. KÉRDÉS

Rúdszerkezetek kihajlása és kifordulása témakörben jól ismert az UGLI (Uniform Global and Local Imperfection) módszer, ahol a helyettesítő geometriai tökéletlenség első sajátalak alapú, ahol, adott esetben, a helyi és a globális alak együtt szerepel. **Miért fontos a helyi és a globális alak szétválasztása?**

16. KÉRDÉS

Az eredmények kiértékelése során a következőket olvashatjuk: „*Ezután összehasonlítottam a kísérleti eredmények és a numerikus modellen a szabványos imperfekciókkal meghatározott teherbírás értékeket a szakirodalomban található három különböző analitikus méretezési eljárás által számított beroppanási ellenállásokkal.*”

Ha jól értem, akkor a numerikus eredmények közel esnek a kísérleti eredményekhez, mivel a numerikus modell valós paraméterekkel dolgozik. Ezek az eredmények lettek összehasonlítva a szakirodalomban található analitikus képletek eredményével, ahol az utóbbi értékek 50-70%-a az előbbi értékeknek. **Az analitikus képletek valós vagy karakterisztikus paraméterekkel lettek kiértékelve?**

Az ötödik alfejezet az adott téma kifejtésének lényegi része: egy új méretezési képlet megalkotása. A módszer 2500 karakterisztikus modell elemzésén alapul. Első lépésben a szerző meghatározta a hosszborda határmerevségét, amelynek alkalmazásával a beroppanási jelenség helyi horpadási problémává korlátozódott. A következő lényegi lépésben felírta a rugalmas kritikus teher „pontos” képletét, majd a k_F horpadási tényező képletét. Ez után megállapította, hogy az EN1993-1-5 képlet hogyan viszonyul a GMNIA eredményekhez (lásd az 51. ábrát)

17. ÉSZREVÉTEL

A szabványos képlet esetén célszerű lenne pontosítani a képletre való hivatkozást: pontosan melyik paragrafusról és melyik képletről van szó?

Mivel a szabványos értékek sok esetben elég messze kerültek a numerikus értékektől, a szerző tovább kutatta az előző pontosíthatóságát. Így jutott el az l_y geometriai paraméter új képletéhez, aminek alkalmazásával jelentősen tudta csökkenteni a szabványi képlet pontatlanságát.

Összegzés

A Pályázó kiterjedt és alapos kísérleti és numerikus modell alapú kutatást folytatott a beroppanás vizsgálat tárgyában. 2500 numerikus kísérlet alkotta tudásbázison feltárta a beroppanási ellenállást meghatározó körülményeket, amely kutatás elvezetett a beroppanási ellenállás pontosított képletéhez. Itt hangsúlyozni kell, hogy a Pályázó nem matematikai alapon illesztett képletet keresett, hanem az egyes paraméterek valós hatását derítette fel, azért a képlete szilárd mechanikai alapokon áll, ami a pontosság ellenőrzése során igazolódott. Az **eredményt új tudományos eredménynek fogadom el**, feltéve, hogy a vonatkozó kérdésekre kielégítő válaszokat kapok.

A 4. fejezet: „*Gerinclemezes I-tartók interakciós viselkedése*”

A fejezet felépítése a már megszokott: a nemzetközi szakirodalomban fellehető tervezési képletek bemutatása és kritikája, a legjobbnak ítélt képletek hiányosságának megjelölése és ezzel a kutatás céljának megfogalmazása, tartalmilag egy új M-V kölcsönhatási képlet kidolgozása és a Braun által javasolt M-V-F képlet pontosítása.

13. ÉSZREVÉTEL

A kutatási cél meggyőzőbb lenne, ha a kifogásolt képletek eredményének pontatlanságát kísérleti eredményekkel vetné össze.

A fejezet a szokásos módon folytatódik: numerikus modellek kidolgozása, azok validálása kísérletek eredmények alapján, majd a karakterisztikus modellekből eredménybázis építése.

14. KÉRDÉS

A Pályázó három alapmodellt dolgozott ki: az a) és c) jelű modell kéttámaszú tartómodell, míg a b) jelű modell befogott konzol. Mivel magyarázható, hogy az utóbbi modell konzol jellegű?

A helyettesítő geometriai tökéletlenség kapcsán a következőt olvashatjuk: a sajátalak formájú imperfekció „*képes követni a különböző terhelési esetekhez tartozó stabilitásvesztési módot*”.

15. KÉRDÉS

Mit jelent az, hogy a sajátalak követi a stabilitásvesztési módot?
Mit jelent az „*elfordulási imperfekció*”?

A folytatásban a Pályázó bemutatja a pontosított M-V kölcsönhatási méretezési képletét, majd annak a pontosságát.

A fejezet az M-V-F kölcsönhatás kérdésével folytatódik. Az 1150 numerikus eredményen alapuló kiértékelés elvezetett a pontosított, szabványi alkalmazásra alkalmas méretezési képlethez. Egyetlen kérdés merült fel a bírálóban:

16. KÉRDÉS

A 73. ábra mutatja az M-F kölcsönhatáshoz tartozó numerikus eredményeket. Látható, hogy az EN1993-1-5 szabványos görbe viszonylag jól követi ezeket, azonban a szerző által javasolt kölcsönhatási görbe esetén legalább 15 numerikus eredmény a nem biztonságos oldalon van, míg a Braun görbéje szempontjából a biztonságos oldalon. Ez mivel magyarázható?

Összegzés

A Pályázó kiterjedt és alapos kísérleti és numerikus modell alapú kutatást folytatott a határsíkokra kidolgozott M-V-F kölcsönhatási méretezési képlet pontosítása érdekében. A Braun-féle képletek és a prEN1993-1-5 szabvány ellenállási képletei által meghatározott méretezési eljárást biztonságosnak találta. Megállapította, hogy amennyiben a nyírási horpadási és a beroppanási ellenállások képleteit pontosítja, vagy közvetlenül numerikus modell alapján határozza meg, akkor az kölcsönhatási egyenlet első tagjának indexét 3.0-ra kell módosítani a célból, hogy a számítási eredmények a biztonság oldalán legyenek. Az **eredményt új tudományos eredménynek fogadom el**, feltéve, hogy a vonatkozó kérdésekre kielégítő válaszokat kapok.

Az 5. fejezet: „*Közvetlen teherrel nem terhelt kereszttartók méretezése*”

Az 5. fejezet a közvetlenül nem terhelt (jellemzően fenéklemezt merevítő) kereszttartók szerkezeti viselkedésének elemzését és méretezését, illetve ennek kapcsán a szakirodalomban fellelhető ellentmondások tisztázását célozza.

17. ÉSZREVÉTEL

A 79. ábra szemlélteti a kutatás tárgyát képező szerkezeti részletet: elsőnek egy numerikus modellt látunk, majd utána egy valós szerkezeti részletet. Nem világos, hogy a numerikus modell a valós részlet modellje-e, de a sorrend is furcsa.

A fejezet két ismert méretezési képlet elemzésével folytatódik.

18. KÉRDÉS

Az első képlet esetén az (5.1) és az (5.2) kifejezésekkel magadott merevségek egyenlőségéből kapjuk az (5.3) szükséges merevséget. Miért nem jelenik meg az (5.3)-ban az (5.2)-ben szereplő *b* (kereszttartó fesztávja) paraméter?

A vonatkozó Eurocode szabványi rész a 77-78. oldalon bemutatott második képletre lett alapozva. Folytatásként a szerző bemutatja a Sinur és Beg javaslatát a helyi geometriai tökéletlenség alkalmazására. Az áttekintés végső következtetése, hogy a 17 megépült hídszerkezet megfelelő részletének elemzése során általában nem teljesülnek a szabványos előírások, különösen a csavarási merevség vonatkozásában.

A következő alfejezet a numerikus vizsgálatokat foglalja össze. A numerikus modell a megszokott módon lett kialakítva. A Pályázó összesen közel négyezer vizsgálatot végzett el.

19. ÉSZREVÉTEL
Véleményem szerint a 85. és a 87. ábra összetartozik. Szerencsésebb lett volna egy összevont ábrában megadni a modell geometriáját és hálózatát.

A kereszttartó merevség szükséges értékének meghatározására kidolgozott új képletnek és a numerikus modell eredményének összehasonlítását a 91. ábra szemlélteti. A szerző szerint az összehasonlítás igazolja az új képlet helyességét.

20. ÉSZREVÉTEL
A 91. ábrán közel 100%-os különbségek is láthatók. Az ilyen mértékű különbség mely meggondolás alapján minősíthető megfelelőnek?

A negyedik alfejezet a szilárdsági és merevségi feltételek ellenőrzésével foglalkozik. A numerikus vizsgálatok kapcsán a 87. oldal utolsó bekezdésében ezt olvashatjuk: „*Ennek megfelelően minden egyes geometria esetén meghatároztam a minimális kereszttartó inercianyomaték nagyságát a teherbírás értéke, valamint maximális deformáció alapján is.*”

21. KÉRDÉS
Pontosan mit ért a „*teherbírás értéke”* kifejezésen?

Szintén itt olvashatjuk: „*A maximális megengedett legnagyobb deformációt min(b/300, a/300) értékűre vettem fel, ahogy azt az EN 1993-1-5 [1] szabvány előírja.”*

22. KÉRDÉS
Hogyan indokolja, hogy a valós viselkedést jól közelítő numerikus vizsgálatot egy durva közelítéssel meghatározott deformációs határértékkel párosítja? A több ezer vizsgálat nem adott lehetőséget arra, hogy deformáció felső határát pontosabban határozza meg? Úgy tűnik, hogy később, a 92. oldalon ez meg is történik, de nem tudható, hogy milyen megfontolás alapján.

Az alfejezet egyik következtetése, hogy szemben a köztudattal, mind a szilárdsági, mind a merevségi követelményeket vizsgálni kell.

Az ötödik alfejezet a fejezet legfontosabb része: levezeti, illetve bemutatja az új kombinált tervezési képletet, ami elvezet az EN1993-1-5 megfelelő képletének felülvizsgálatához. A képlet megfelelőségét a 93. ábra szemlélteti.

Összegzés

A Pályázó kiterjedt numerikus vizsgálatok alapján, messzemenőkig figyelembe véve a szakirodalom eredményeit, új kombinált képletet állított fel a közvetlen teherrel nem terhelt kereszttartók merevségi és szilárdsági megfelelőségének meghatározására. Az új képlet mögött a szerkezeti viselkedés mély összefüggéseinek felderítése és megértése áll, ezért ezt az **eredményt új tudományos eredménynek** ismerem el.

4. A műről alkotott átfogó vélemény

Véleményem szerint a Pályázó hasznos és kiterjedt kísérleti, numerikus modellezési és méretezési kutatást folytatott az újszerű hídszerkezetek egyes részkialakításai kapcsán. Ennek során nemzetközi szintű eredményeket ért el a szabványosításra alkalmas analitikus méretezési képletek fejlesztése, pontosítása területén. Az értekezés mind formai, mind tartalmi szempontból megfelel az MTA doktori művel szemben támasztott követelményeknek.

Formai szempontból ki kell emelni a pontos és érthető szövegezést, de a túlzottan hosszú, tagolatlan szakaszokból álló monotonitást is. A szöveg olvasását és értelmezését sokban segítette volna egy többszintű szövegszerkezet.

Tartalmi szempontból kiemelendő a mű alapos irodalmi háttere, az értékes valós laborkísérletek és a jelentős számú numerikus eredmény. A négy érdemi téma tárgyalásának tudományos módszertana egységes, azonban nem kellően kifejtett. A mű kapcsán a bírálóban a következő hiányérzetek ébredtek:
- annak alapos indoklása, hogy a valós értékű paraméterekkel megfelelően működő numerikus modell karakterisztikus értékű paraméterekkel tervezési értéknek megfelelő eredményt ad; véleményem szerint ez a feltételezés nem nyilvánvaló;
- a mű tartalmát jobban kifejező cím megalkotása: véleményem szerint egy pontosított képlet kifejlesztése lehet tudományos eredmény, de attól még nem „*innovatív*”; ezzel szemben beszélhetünk a hídszerkezetek innovációjáról, beleértve az újszerű szerkezeti kialakításokat, gyártási és kivitelezési megoldásokat, ezért a következő cím találóbb lett volna: *Az újszerű hídszerkezetek viselkedése és méretezése*;

Tudományelméleti szempontból a mű számomra adós maradt a következő elemzésekkel:
- a hídszerkezetek méretezéselmélete fejlődésének rövid, de tartalmas áttekintése;
- mely érvek alapján tekinthető tudományos eredménynek egy analitikus képlet kidolgozása;
- egy újszerű, tudományos értékű vízió felvázolása a hídszerkezetek méretezésének megújulásáról (innovációjáról).

5. Nyilatkozat a tézisek elfogadásáról

Az értekezés téziseit az „ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA – TÉZISEK” című 6. fejezet tartalmazza. Minden tézis mögött egy teljes fejezet húzódik meg, továbbá legalább egy, összeségében kilenc D1 minőségű publikáció. Az összes publikáció társszerzős, ahol a Pályázó nagyobb részben első szerző. A Pályázó rendelkezik az összes társszerző nyilatkozatával annak tekintetében, hogy elismerik a téziseket a Pályázó kizárólagos szellemi tulajdonosának. Ennek megfelelően a tézisek tartalmát a Pályázó kizárólagos szellemi tulajdonának tekintem. Mivel minden lényegi fejezet végén értékeltem az eredményeket tudományos újszerűség szempontjából, itt már csak azt vizsgáltam, hogy a tézis szövegezését megfelelőnek tartom-e. Sajnos ki kell jelentenem, hogy a tézisek szövegezését nem tartom szerencsésnek az alábbi okok miatt:

- az összes tézis úgy kezdődik, hogy „*Megterveztem és végrehajtottam egy kísérleti, analitikus és numerikus vizsgálatokon alapuló kutatási programot…*”, majd a folytatásban a program konkrét, számszerű leírása helyett általános leírás következik.
- a tézisek érdemi része általában a „*Kidolgoztam egy…*”, „*Igazoltam, hogy…*” és „*Megmutattam, hogy…*” szöveggel kezdődik, de a tényleges eredmények, képletek leírása helyett általános leírással folytatódik.

Véleményem szerint a tézisek csak a fejezetek tartalmának ide képzelésével értelmezhetők. Mivel a vonatkozó fejezeti szakaszok pontosan beazonosíthatók, ott az eredmények szabatos leírása megtalálható, a kifogásolható szövegezést nem tartottam elegendő indoknak a tézisek elutasításához. Ezek alapján a következő eredményre jutottam:

- Nyilatkozat az ***1. tézis*** elfogadásáról: a tézist, a kifogásolható szövegezés ellenére, **elfogadom** újszerű tudományos eredménynek.
- Nyilatkozat a ***2. tézis*** elfogadásáról: a tézist, a kifogásolható szövegezés ellenére, **elfogadom** újszerű tudományos eredménynek.
- Nyilatkozat a ***3. tézis*** elfogadásáról: a tézist, a kifogásolható szövegezés ellenére, **elfogadom** újszerű tudományos eredménynek.
- Nyilatkozat a ***4. tézis*** elfogadásáról: a tézist, a kifogásolható szövegezés ellenére, **elfogadom** újszerű tudományos eredménynek.

6. Nyilatkozat a doktori mű nyilvános vitára való alkalmasságáról

A doktori mű mind formai, mind tartalmi szempontból teljesíti az MTA doktori értekezéssel szemben támasztott alapvető követelményeket. A doktori műben kimondott négy tézist, a nem túl szerencsés szövegezés ellenére, elfogadom újszerű tudományos eredménynek. Ezek alapján **javaslom a doktori mű nyilvános védésének kitűzését**. Arról, hogy javasolom-e az MTA doktora cím megadását, a Pályázó írásos válaszának ismeretében, a nyilvános védésen elhangzottak alapján kívánok nyilatkozni.

Győr, 2022. július 5.

Papp Ferenc
az MTA doktora

Melléklet

Néhány, a dolgozat értékét nem befolyásoló nyelvi és egyéb formai észrevétel:

- 4. oldal 14. sor: „igénybevételállapotra” helyesen: *igénybevétel-állapotra*
- 4. oldal 28. sor: „kivitelezéselőkészítés” helyesen: *kivitelezés-előkészítés*
- 51. és 52. ábrában a vízszintes tengelyen „parazita” kísérleti pontok jelentek meg, amire nincs magyarázat.
- Sok helyen (pl. 39. oldal közepén) szerepel a „*stabilitási sajátalak*” kifejezés. Ez a szóösszetétel a szakirodalomban található angol „*buckling eigenshape*” kifejezésnek felel meg. Pontosabb fordítás lenne a „***horpadási sajátalak***” vagy a „***beroppanási sajátalak***” kifejezés használata.
- Sok helyen szerepel az „*imperfekció*” kifejezés. Mivel az írásmű magyar nyelvű, szerencsésebb lett volna a magyar ”***tökéletlenség***” kifejezés alkalmazása. Hasonlóan:
  - „*maximális*” helyett „***legnagyobb***”
  - „minimális” helyett „***legkisebb***”
  - „*kritérium*” helyett „***feltétel***” v. „***követelmény***”
  - Az (5.5) képlet paraméter listájában w helyett w_{max} a helyes megjelölés.