

BÍRÁLAT

Ádány Sándor

okleveles építőmérnök

MODEL DECOMPOSITION IN THE BUCKLING ANALYSIS OF THIN-WALLED MEMBERS

(Szabad fordításban: Vékonyfalú szerkezeti elemek stabilitás vizsgálata modell
felbontással)

című MTA doktori értekezéséről

1. Bevezetés

Az MTA Műszaki Tudományok Osztálya 2018. május 3-án kért fel Ádány Sándor (a továbbiakban Pályázó) MTA doktori értekezésének (továbbiakban értekezés) bírálatára.

A bírálatot két okból vállaltam el: (1) a Pályázó relatíve fiatal és ismereteim szerint eredményesen dolgozó szakember; (2) az értekezés a vékonyfalú karcsú rudak mechanikájának aktuális és az alkalmazások szemszögéből is fontos területén vél új eredményekről számot adni – és ez a tématerület valamelyest részét képezi az én érdeklődési körömnek is.

A bírálatban a formai követelmények ellenőrzése után fokozatosan áttekintem és megvizsgálom az értekezés főszövegét. A vizsgálatok az eredmények szerepének, illetve vélhető súlyának tisztázását célozzák. A főszöveggel kapcsolatos és számozott felsorolással megjelenő bírálati Észrevételek részint megjegyzéseket, részint kérdéseket is tartalmaznak, az utóbbiakra pedig tisztelettel várom a Pályázó válaszait.

Végezetül nyilatkozok, arról, hogy elfogadom, avagy nem (és ez utóbbi esetben arról, hogy melyiket nem) az értekezés téziseit.

A bírálat végén a feltalálni vélt pontatlanságokat és esetleges hibákat összegezem oldalszámozással.

2. A formai követelmények

Az értekezés szövege három részre tagolt: (a) I-VIII római számozású oldalak (Tartalom és Jelölésjegyzék), (b) 1-108 oldalak (1.-6. Fejezetek és az Irodalomjegyzék), (c) 109-134 oldalak (A., B., C. és D. Függelékek). Az értekezés MS Word dokumentum szedésű. Ez a szedés minden tekintetben megfelel a formai követelményeknek egy technikai apróságot kivéve: a szöveg "one side" módban van

szedve, és ennek megfelelően került nyomtatásra. Magam szerencsésebbnek véltem volna a kétoldalas nyomtatást, mivel az a kinyomtatott értekezés terjedelmét és súlyát is csökkentette volna.

3. A főszöveg áttekintése észrevételekkel

3.1. Az értekezés első fejezete (Introduction) áttekinti a stabilitásvesztés lehetséges módjait és lerögzíti, hogy a vizsgálni kívánt vékonyfalú rudak stabilitás vesztésén az egyensúlyi út elágazásához kötött (bifurcation buckling) stabilitás vesz-tést érti.

1. ÉSZREVÉTEL: Elvben határponti stabilitásvesztés is lehetséges a tekintett szerkezet kialakításának és a terhelési módnak függvényében.

A szerző, követve a szakirodalmi osztályozást, (a) a lokális (lemez horpadásos), (b) a torzulásos (többnyire az övlemezben jelentkező) és (d) a globális stabilitás vesztés kérdésével, illetve ezek kombinációival (kölsönhatásával) kíván értekezésében foglalkozni – az egyéb lehetőségeket (pl. nyírás hatása) nem tekinti vizsgálati tárgy-körének. A fejezet rámutat a modális felbontás (modal decomposition) jelentőségére és nehézségeire és ezt követően az utolsó alszakaszban vázolja az értekezés belső felépítését kitérve röviden az egyes fejezetek témaköreire is.

2. ÉSZREVÉTEL: Egy értekezés sokféleképpen tagolható, de a bevezetés végén hiányol-tam egy az irodalmi előzmények bemutatását és ennek kapcsán egy olyan célkitűzés-féle jegyzéket, amely felépítésében a későbbi tézisekhez is igazodva fogalmazza meg a bemutatásra kerülő kutató munka fő irányait.

3.2. Az értekezés második fejezete (Constrained finite strip method for open cross sections) a kényszerekkel kiegészített véges sáv módszert (az angol kifejezés alapján a cFSM módszert) tekinti át. Röviden ismerteti előjáróban a véges sáv módszer lényegét (csuklós-csuklós megtámasztásra és tengelyirányú terhelésre). A kritikus terhelés meghatározása a

$$\underset{(nDOF \times nDOF)}{\mathbf{K}_e} \underset{(nDOF \times nDOF)}{\Phi} = \underset{(nDOF \times nDOF)}{\Lambda} \underset{(nDOF \times nDOF)}{\mathbf{K}_g} \underset{(nDOF \times nDOF)}{\Phi} \quad (2.4)$$

lineáris sajátértékfeladatra vezet, melynek mérete egy

$$\underset{(nDOF \times 1)}{\Phi_\ell} = \underset{(nDOF \times n_M)}{\mathbf{R}_M} \underset{(n_M \times 1)}{\Phi_{\ell M}} \quad n_m < nDOF$$

típusú átalakítással – Φ_ℓ a Φ egy oszlopa, $\mathbf{R}_M$ a kényszerek mátrixa, ℓ pedig számláló (természetes szám) – jelentősen csökkenthető.

3. ÉSZREVÉTEL: Jó lett volna itt is utalni arra, hogy (a) a teher egyparaméteres (b) és ehhez kötődően továbbá arra is, hogy mi a teher fizikai jelentése – feltehetően rúdtengely irányú és excentrikus – tehát nem szükségképp a rúd tengelyén (a középvonalon) működő erő. Másként fogalmazva: a szövegben terhelésként megadott "given axial stress distribution" egyparaméteres?

4. ÉSZREVÉTEL: A (2.6) egyenlettel kapcsolatos magyarázat nem pontos, mivel a leg-utóbbi képlet nem helyettesíthető közvetlenül a (2.4) összefüggésbe, a végeredmény azonban korrekt.

5. ÉSZREVÉTEL: Mi a garancia arra, hogy az $\mathbf{R}_M$ oszlopai lineárisan függetlenek a vonatkozó $nDOF$ méretű térben?

6. ÉSZREVÉTEL: A 13. o. második sorában megjelenik egy definiálatlan fogalom: "the cross section is in transverse equilibrium". Előre utalok itt a 17. Észrevétel-ben mondottakra.

A második fejezet lényege ezt követően annak áttekintése, hogy miként kell az $\mathbf{R}_M$ mátrix elemeit megválasztani. Ez a választás a kihajlási alak osztályok (buckling classes) megkonstruálásán alapul, melyek három alapvető kritériumnak – ezek a vékonyfalú szerkezetek esetén jól ismert előírások – kötelesek eleget tenni.

A szöveg sorra veszi a kritériumok hatását és megkonstruálja a kényszerek $\mathbf{R}_{GD}$, $\mathbf{R}_G$, $\mathbf{R}_D$, $\mathbf{R}_L$, és $\mathbf{R}_O$ mátrixait. Ezt követően az alkalmazások bemutatására, az eredmények összegezésére – ez az 1. Tézis alapja – és a nyitott problémák elősorolására kerül sor.

7. ÉSZREVÉTEL: A szöveg az ún. elágazásos keresztmetszet (branched cross section) esetére is sora veszi a vonatkozó egyenleteket. A példák között egyetlen ilyen keresztmetszet sem szerepel. Mi indokolja, hogy ilyen feladat nem szerepel példaként? Aprópó, lehet több elágazási pont is egy keresztmetszeten?

8. ÉSZREVÉTEL: Az elágazásos keresztmetszet esetére vonatkozó (2.35) kinematikai jellegű kényszeregyenlet esetén nincs megadva a szövegben a $\mathbf{B}_{vr}$ mátrix szerkezete, felépítése. Mi ennek az oka?

9. ÉSZREVÉTEL: A 21 oldal "Criterion #2(b) requires equilibrium of the transverse stress resultants of any cross section." mondatát nem egészen értem – a rúd tengelyvonalára merőleges feszültség összetevők nyíró feszültségek, ezek erdője a nyíróerő (transverse stress resultant). Milyen speciális feltétel vonatkozik a szokott feltételek mellett ezekre az erőkre?

10. ÉSZREVÉTEL: Milyen fizikai gondolat áll a 25.o. "... the integral of the warping distribution over the whole cross section should be zero" mondatrészt követelménye mögött?

11. ÉSZREVÉTEL: Hiányzik a szövegből a "mode space" – talán alak térnek lehetne fordítani – fogalom pontos matematikai definíciója.

12. ÉSZREVÉTEL: A torzulási móddal (distorsional mode) kapcsolatos

$$\int v_r(x)v_s(x)t(x)dx = 0$$

ortogonalitási feltétel – (2.51) képlet – egyben definíciónak is vehető? Hiszen meghatározza az un. D tér elemeit.

13. ÉSZREVÉTEL: A 2.9. ábra függőleges tengelyén álló P_{cr}/P_y hányados pontos jelentése sem a szövegben, sem a jelölés jegyzékben nem szerepel. Hiányzik a "buckling length" értelmezése is. Ez támaszfüggő mennyiség, és valamit kellett volna róla itt mondani.

3.3. Az értekezés harmadik fejezete (Constrained finite strip method for arbitrary flat-walled cross section members) a második fejezet kérdéskörének folytatása, pontosabban az előző fejezet eredményeinek általánosítása tetszőleges síklemezekből felépülő rúd keresztmetszetek esetére beleértve természetesen a zárt keresztmetszetek esetét is.

A fejezet kitér a gyakorlatban előforduló peremfeltételek estére – nemcsak csuklós megtámasztás jöhet tehát szóba – oly módon, hogy megadja az ezekhez tartozó bázisfüggvényeket.

A 3. fejezet újdonságai közé tartozik, megismételve részben a fentieket, az alakterek felbontása elsődleges és másodlagos alak térre, modellalkotás a zárt keresztmetszetek esetére és új nyírási módusok figyelembevétele.

14. ÉSZREVÉTEL: A másodlagos nyírás figyelembevétele egy lemezen belül több sáv meglétét igényli. Van ezeknek a sávoknak optimális száma? A másodlagos nyírás hatása tényleg szignifikáns a stabilitásvesztés tekintetében?

15. ÉSZREVÉTEL: Lehet a másodlagos nyírás a keresztirányú koordinátának lineárisnál magasabb rendű – pl. kvadrarikus – függvénye?

16. ÉSZREVÉTEL: Van-e egyszerűen algoritmizálható algoritmus a kinematikailag túlhatározott egyenértékű rúdszerkezet esetén – v.ö. 41.o. – a $\tilde{p}$ meghatározására?

Az értekezés részletesen kitér a kényszermátrixok meghatározására, és ez a 3. fejezet leglényegesebb része. A szöveg kitér a kivételes – "overlapping primary mode spaces" – esetekre is.

17. ÉSZREVÉTEL: A kényszer mátrixok definíciója kapcsán – lásd a 44.o. 3.3.1. Mode definition című szakaszának 8. sorát: "whether the cross section is in equilibrium", illetve a 46.o. 3.3.2. Outline of mode construction szakasz második bekezdésének utolsó sorát: "transverse equilibrium is also treated" – ismét előjön a 6. Észrevétel-ben már észrevételezett fogalom, bár az észrevételezett kifejezésekben hol megjelenik, hol pedig nem a "transverse" jelző.

A szöveg megértéséhez nélkülözhetetlen az idézett fogalom definíciója. A kérdéses fogalom definíciója azonban – és ez csak az értekezés teljes végigolvasása után derült számomra ki – a Függelék B7. szakaszában lelhető fel – lásd a szöveg 120. oldalát. Ezzel együtt szerkesztési hibának tartom, hogy a főszövegben a kérdéses helyeken nincs utalás, illetve hivatkozás a Függelék B.7. szakaszára.

18. ÉSZREVÉTEL: Az $(\mathbf{R}_M^n)^T \mathbf{O} \mathbf{R}_M^n$ típusú valós mátrixok diagonalizációjának az a feltétele a valós számtérben, hogy a mátrix szimmetrikus legyen. Mindig teljesül ez a feltétel? Ha a vonatkozó sajátérték feladatnak egybeeső sajátértékei vannak, akkor a főirányok nem egyértelműek. Ez gyakran előfordul?

19. ÉSZREVÉTEL: A $\kappa_x \kappa_x$ szorzat nem fajlagos energia dimenziójú mennyiség a (3.41) képletben. Mi indokolja a "strain energy content" kifejezés használatát?

3.4. Az értekezés negyedik fejezete (Mode identification of deformations calculated by the finite element method) arra a kérdésre fordítja figyelmét, hogy miként

tisztázható a kihajlási, horpadási módok azonosítása, ha a cFSM alakfüggvényeit alkalmazzák a véges elemes számításokban. A cFSM alakfüggvényeinek alkalmazása ugyanis megkönnyíti a kihajlási mód (alak) azonosítását, ami a kereskedelmi célú véges elem programok (pl. ANSYS) esetén utólagos és netán szubjektív döntést igényel. A hibafüggvény bevezetése után példán keresztül kerül demonstrálásra a koncepció vélhető előnye, előnyei. A szöveg kitér arra a kérdésre is, hogy miként lehet csökkenteni a cFSM alap függvények (alak függvények) számát, anélkül, hogy ez lényeges hátránnyal járna.

20. ÉSZREVÉTEL: Már némely esetben korábban is, de itt is felfigyeltem arra – 4.1.1. szakasz utolsó bekezdés második harmadik sor: "The method originally presented in [1/4-2/4] etc." –, hogy a szöveg egyes esetekben nem önmagában érthető, hanem feltételezi, hogy az olvasó – jelen esetben a bíráló – utánanéz, azaz előkeresi és elolvassa a Pályázó vonatkozó cikkeit, mert ez szükséges ahhoz hogy megértse a szöveget. A magam részéről alapkövetelménynek tartom, hogy az MTA doktora tudományos minősítés elnyerésére benyújtott értekezés önmagában teljesen érthető és áttekinthető legyen, anélkül tehát, hogy a Pályázó eredményeit közlő cikkeket is el kelljen külön olvasni. Ez az elv itt-ott, ha kismértékben is, de sérül a jelen esetben. Ennek a jól ismert terjedelmi korlát lehet, többek között, az egyik oka.

21. ÉSZREVÉTEL: A fejezet numerikus eredményei lényegében csuklós (pinned-pinned) megtámasztásra vonatkoznak. A gondolatmenet azt sejteti, hogy más megtámasztási esetekre is érvényesek az alapvető eredmények. Ez milyen mértékben áll fenn és ha részlegesen áll fenn, akkor melyek a korlátok?

22. ÉSZREVÉTEL: A 4.4. ábra – 69.o. – második diagramján jelentős szórás is előfordul az eredmények tekintetében. Az ábra feletti szöveg utal erre, de a magyarázatot nem vélem elég kielégítőnek, mivel jelentős különbségek is megjelennek. Valóban ilyen nagy szerepe lehet a VEM eredményeket illetően a feltehetően egymásra szuperponálódott félhullám hosszaknak?

3.4. Az értekezés ötödik fejezete (Analytical formulae for global buckling) zárt alakú képleteket vezet le a kritikus teherre különböző feltételek mellett. A fejezet tartalmazza az általam észrevett legkevesebb szedési hibát – és remélem nemcsak azért mert az olvasásának vége fel lankad a figyelem. Az ötödik fejezet eredményeit érdekesnek találom. Ugyanakkor a modell alkotás, és az annak során alkalmazott elhanyagolások és a precizitás itt-ott megjelenő hiánya miatt, tisztása miatt, fel kell a megfogalmazás előtt magyarázatot igénylő néhány kérdést tennem, és ezekhez illeszkedően problémákat is fel kell vetnem. A következő 23. Észrevételnek viszonylag tömör a szövege.

23. ÉSZREVÉTEL: Jelölje V és A a vizsgálat tárgyát képező test térfogatát és felületét. Jelölje b és t_n a térfogati és palást terhelés sűrűségét. Legyen továbbá n a külső normális egységvektor. Tételezzük fel, hogy egy adott terhelésnél stabilitásvesztés következik be és új egyensúlyi állapotba kerül a test, de oly módon, hogy a terhelés nem változik meg. Legyen u az elmozdulásvektor, E a Green-Lagrange féle alakváltozási tenzor,

$\mathbf{S}$ a második Piola-Kirchoff féle feszültségtenzor mindegyik a stabilitás vesztes pillanatát megelőzően. Az egyes fizikai mennyiségek stabilitás veszteskor bekövetkező teljes megváltozását görög Δ jelöli. A későbbi nagyságrendi megkülönböztetés kedvéért az elmozdulásvektor megváltozását formálisan a $\Delta \mathbf{u} = \alpha \Delta \mathbf{u}$ alakban írjuk át, ahol az α egy nem zérus értékű és állandónak tekintett paraméter. A

$$\begin{aligned} \Pi + \Delta \Pi = & \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{S} + \Delta \mathbf{S}) \cdot \cdot (\mathbf{E} + \Delta \mathbf{E}) \, dV - \\ & - \int_V \mathbf{b} \cdot (\mathbf{u} + \Delta \mathbf{u}) \, \lambda_V \, dV - \int_{A_p} \mathbf{t}_n \cdot (\mathbf{u} + \Delta \mathbf{u}) \, \lambda_A \, dA \end{aligned}$$

képlet a teljes potenciális energia kifejezése ahol a kétpont az energia típusú, a pont a skaláris szorzatot, λ_V és λ_A a skaláris térfogat és felületelem arányt és végül A_t a terhelt palástfelületi részt jelöli a kezdeti állapotban. A dV és dA felület és térfogatelem ugyan-csak a kezdeti állapotra vonatkozik. A fenti egyenletben nincs semmiféle elhanyagolás.

A továbbiakban feltételezzük, hogy (a) nincs térfogati terhelés, (b) a palást terhelés merev (dead load), és hogy $\lambda_A \approx 1$ (megegyezik a deformált és deformáció előtti felületelem).

A Green-Lagrange alakváltozási tenzor tekintetében fennálló

$$\begin{aligned} \mathbf{E} + \Delta \mathbf{E} = \\ = \frac{1}{2} \{ (\mathbf{u} + \alpha \Delta \mathbf{u}) \circ \nabla + \nabla \circ (\mathbf{u} + \alpha \Delta \mathbf{u}) + [\nabla \circ (\mathbf{u} + \alpha \Delta \mathbf{u})] \cdot [(\mathbf{u} + \alpha \Delta \mathbf{u}) \circ \nabla] \} \end{aligned}$$

képlet szerint a $\Delta \mathbf{E}$ növekmény két részre bontható, az egyik lineáris a másik pedig kvadratikuss:

$$\Delta \mathbf{E} = \alpha \Delta E^L + \alpha^2 \Delta E^N$$

ahol

$$\begin{aligned} \Delta E^L = & \frac{1}{2} \alpha \{ \Delta \mathbf{u} \circ \nabla + \nabla \circ \Delta \mathbf{u} + (\nabla \circ \Delta \mathbf{u}) \cdot (\mathbf{u} \circ \nabla) + (\nabla \circ \mathbf{u}) \cdot (\Delta \mathbf{u} \circ \nabla) \} , \\ \Delta E^N = & \frac{1}{2} \alpha^2 (\nabla \circ \Delta \mathbf{u}) \cdot (\Delta \mathbf{u} \circ \nabla) . \end{aligned}$$

Legyen $^{(4)}\mathbf{C}$ az anyagállandók negyedrendű tenzora, és tegyük fel, hogy érvényes a lineáris Hooke törvény a második Piola-Kirchoff feszültségi tenzor és a Green-Lagrange alakváltozási tenzor között. Következőleg az alakváltozási energia

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{S} + \Delta \mathbf{S}) \cdot \cdot (\mathbf{E} + \Delta \mathbf{E}) \, dV = \\ = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{E} + \alpha \Delta \mathbf{E}^L + \alpha^2 \Delta \mathbf{E}^N) \cdot \cdot ^{(4)}\mathbf{C} \cdot \cdot (\mathbf{E} + \alpha \Delta \mathbf{E}^L + \alpha^2 \Delta \mathbf{E}^N) \, dV \end{aligned}$$

képlete alapján

$$\Pi + \underbrace{\alpha \Delta_1 \Pi + \alpha^2 \Delta_2 \Pi}_{\Delta \Pi}.$$

a teljes potenciális energia felbontása, és ennek

$$\Delta_2\Pi = \frac{1}{2} \int_V \Delta \mathbf{E}^L \cdot \cdot^{(4)} \mathbf{C} \cdot \cdot \Delta \mathbf{E}^L dV + \frac{1}{2} \int_V \Delta \mathbf{E}^N \cdot \cdot^{(4)} \mathbf{C} \cdot \cdot \mathbf{E} dV + \\ + \frac{1}{2} \int_V \mathbf{E} \cdot \cdot^{(4)} \mathbf{C} \cdot \cdot \Delta \mathbf{E}^N dV$$

a másodrendű része, ahol

$$^{(4)} \mathbf{C} \cdot \cdot \mathbf{E} = \mathbf{S}$$

és így

$$\Delta_2\Pi = \frac{1}{2} \int_V \Delta \mathbf{E}^L \cdot \cdot^{(4)} \mathbf{C} \cdot \cdot \Delta \mathbf{E}^L dV + \int_V \mathbf{S} \cdot \cdot \Delta \mathbf{E}^N dV. \quad (1)$$

Érdemes felfigyelni arra a körülményre, hogy nem jelenik meg a terhelés a fenti képletben.

A fentiek birtokában, különös tekintettel a bekeretezett egyenletre, feltehetem a modell alkotással kapcsolatos kérdéseim, felvethetem problémáim.

- A fenti $\Delta_2\Pi$ elvben meg kellene hogy feleljen az értekezés (5.5) képletében álló Π függvénynek, az utóbbi azonban sehol sem szerepel teljesen kiírva az értekezés szövegében.
- A fenti keretezett képlet – az (1) képlet – első

$$\frac{1}{2} \int_V \Delta \mathbf{E}^L \cdot \cdot^{(4)} \mathbf{C} \cdot \cdot \Delta \mathbf{E}^L dV \quad \Leftrightarrow \quad \Pi_{int}$$

integrálja elvben meg kellene, hogy feleljen az értekezés főszövegének (5.13) képletében álló Π_{int} integrálnak, illetve a D. Függelék elvben (5.13)-al azonosnak veendő (D31), és elhanyagolással kapott (D32) integráljainak.

1. Megjegyzés: Az (5.13) integrálban nem igaz az, hogy a $\sigma_y = p_y$. A σ_y -t a Hooke törvénnyel kell számolni.

2. Megjegyzés: Ha a Hooke törvénnyel számolunk és a fajlagos nyúlást az (5.7) avagy (5.8) képlettel vesszük figyelembe akkor az integrál a negyedik hatványon tartalmazza a feladat paramétereit mivel az alakváltozás komponensekben kvadratikusan tagok is vannak. Ellentmondásos tehát a főszöveg gondolatmenete, és magyarázata. A D. függelék (D23)-(D26) képletei már nem tartalmazzák a kvadratikusan tagokat, és az 5. fejezet illetve D. függelék kapcsolódó részei, valamint az ott közölt számítási eredmények azt támasztják alá, hogy a Pályázó a (D23)-(D26) képleteket alkalmazta a számításokban.

3. Megjegyzés: A (D23)-(D26) képletekből hiányoznak a $\Delta \mathbf{E}^L$ -et adó

$$\Delta \mathbf{E}^L = \frac{1}{2} \left\{ \Delta \mathbf{u} \circ \nabla + \nabla \circ \Delta \mathbf{u} + \underbrace{(\nabla \circ \Delta \mathbf{u}) \cdot (\mathbf{u} \circ \nabla) + (\nabla \circ \mathbf{u}) \cdot (\Delta \mathbf{u} \circ \nabla)} \right\}$$

összefüggés aláhúzott részének analogonjai. Mi az elhanyagolás oka? Kvadratikusan voltak?

c) A fenti keretezett képlet – az (1) képlet – második

$$\int_V \mathbf{S} \cdot \cdot \Delta \mathbf{E}^N dV \quad \Leftrightarrow \quad W$$

integrálja az értekezés a W -ét adó (5.11) képletének, illetve ehhez kötődően a D. függelék (D28) képletének felel meg.

4. Megjegyzés: Nyilvánvaló, hogy az (5.11)-el számítható munka dimenziójú mennyiség valójában az alakváltozási energia része, és a stabilitás vesztes előtti feszültségek szerepét jeleníti meg az alakváltozási energia ezen részében. Ismét megemlítem, hangsúllyal persze, hogy (1) képletben nem jelenik meg a külső teher munkája. A második Piola-Kirchoff feszültségi tenzor a stabilitásvesztés előtti utolsó pillanatában felvett

$$\underset{(3 \times 3)}{\mathbf{S}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \sigma_y = p_y$$

értékén keresztül tartalmazza az (1) képlet második integrálja az egyparaméteres teher értékét. Nem tartom emiatt túl jónak a főszöveg megfogalmazását és a W jelölés alkalmazását.

24. ÉSZREVÉTEL: Az előző 23. Észrevétel-ben foglaltaknak az a háttere, hogy fel-fogásom szerint a helyes stabilitás vizsgálatok feltételezik a nemlineáris alakváltozási elmélet alapos ismeretét. Ebben egyetértek Trusdell professzorral, idézek: *There is a vast literature on elastic stability and to little purpose. Most of it rests on upon improper, or at best unduly special formulation of the principles of elasticity. Whole volumes have been devoted to presenting ostensible solutions to particular problems by means of criteria that are never even clearly stated and morass of equations spouted forth on the subject can be regarded as little else then rhetoric. Stability theory is, necessarily, an application of some theory of finite deformations, such as elasticity, but most of the specialist of stability theory show no evidence of having troubled to learn the theory they claim to be applying.*

Visszatérve az ötödik fejezethez, az szisztematikusan és rendszerbe foglalva tekintő át egyszerű támasz elrendezésű (two-hinged columns) oszlopok kritikus terheit: zárt képleteket vezet le minden egyes esetre, és megvizsgálja az egyes paraméterek, kitüntetett szerepet tulajdonítva a rúd hosszának, hatását a kritikus terherre. A számítások lényegében a 23. Megjegyzés (1) képletén alapulnak.

4. Összegezés és állásfoglalás

4.1. Összefoglalás. Már korábban a jelen bírálat 2. szakaszában rámutattam, hogy az értekezés megfelel a vonatkozó szabályzatban foglalt formai követelményeknek.

Ami az értekezés tartalmát és ezzel összefüggésben tudományos értékét illeti az a véleményem, hogy (a) az értekezés jelentős volumenű kutató munkát tükröz és (b) az értekezésben foglalt eredményeket sikeres védelem esetén elegendőnek vélem az MTA doktora fokozat odaítéléséhez.

4.2. A tézisek értékelése.

Állásfoglalás a tézisekről:

1. **Tézis:** Ez a tézis az értekezés második fejezetének eszenciája. Nem tartom tézis súlyú rész eredménynek az (a) alatti felsorolást, azaz mechanikai kritériumok megállapítását, mivel azok kézenfekvő és Vlaszov-féle rúdelmélet alapján is adódó természetes követelmények. A (b) alatt felsorolt állítás, miszerint kényszermátrixok meghatározása a Pályázó tézis súlyú eredménye – itt arra is utaltam, hogy B. W. Schaefer közreműködött a vonatkozó vizsgálatokban –, elfogadható, és azt az (a) alatt mondottakkal megfelelően, azaz magyarázatszerűen kiegészítve tézis súlyúnak tartom.
2. **Tézis:** Ez a tézis az értekezés harmadik fejezetének eszenciája. A tézisben foglalt eredményeket súlyosabbnak vélem mint az első tézisben összegezett eredményeket. Az a), b) és c) résztézisek alattiakat maradéktalanul elfogadom, a d) résztézés esetén pedig várom az ortogonalizációval kapcsolatos 18. Észrevételre adott félthetően pozitív Pályázói választ, és annak fényében a védésen nyilatkozok döntésemről (az elfogadásról).
3. **Tézis:** Ez a tézis az értekezés negyedik fejezetének eszenciája. Ez a fejezet a legrövidebb a tényleges eredményeket bemutató, illetve azokat részleteiben is áttekintő négy fejezet közül. Ami az értékelést illeti, az a) jelű rész tézist nem tudom elfogadni mivel nem egészen értem, hogy mire gondol a Pályázó a "formulae for the modal identification" kifejezés alatt. A b) és c) jelű rész téziseket azonban elfogadom. Mindent összevetve a harmadikat tartom a leggyengébb tézisnek a négy közül.
4. **tézis:** Személy szerint nekem, mindannak ellenére amit a 23. Észrevételben mondtam volt, az értekezés ötödik fejezete tetszett a legjobban és az abban foglaltakat tükröző 4. tézist maradéktalanul elfogadom.

Az eddig mondottak alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését.

Esztergom, 2018. október 15.

SZEIDL György
az MTA doktora
professzor emeritus sk

Pontatlanságok, apró megjegyzések: Elöljáróban meg kívánom jegyezni, hogy az alábbi számozott felsorolásban lévő hibákat érdemes kijavítani, mivel az értekezés pdf formában felkerül majd az MTA adatbázisába, és minél kevesebb a szedési és egyéb hibák száma annál jobb. A lenti szöveg az értekezés angolságára vonatkozóan is tartalmaz megjegyzéseket. Ezek tekintetében maximális pontosságra törekedtem, de mivel nem angol az anyanyelvem magam is tévedhetek a megjegyzéseimben. Emellett számos olyan apró hiba is lehet a szövegben amit magam nem vettem észre. Ugyanakkor azonban az értekezés értékének tekintem, hogy a szövege nem magyar nyelvű, mivel így szélesebb olvasói körhöz juthat el pl. pdf formában.

1. V. o. 16. sor: Nincs megmagyarázva az FSM betűszó jelentése (később kiderül, hogy ez a finite strip method kifejezés rövidítése, mégis úgy vélem, hogy az első előfordulás esetén meg kell adni a betűszavak jelentését).
2. V. o. 16, 23 és 26 sorok: a szövegben az áll, hogy *the FSM*. Az angol nyelvtani szabályok szerint a betűszavak előtt általában nem használunk határozott névelőt. Hogy milyen szabályok vonatkoznak a kivételekre nem tudom, csak két kivételtől van tudomásom: USA, USSR. Érdemes lenne ellenőrizni, mikor jogos, és mikor nem a határozott névelők szerepeltetése ezekben az esetekben. Az én angol tudásom nem elegendő ahhoz, hogy ezt egyértelműen eldöntsem.
3. 5. o. utolsó sor: "and the so final" helyett "and so the final" lenne helyes.
4. 7. o. 17 sor: Mi a CUFSM név jelentése (bár az FSM érthető)? Érdemes lenne megadni a szövegben.
5. 8. o. 9 sor: Mi a GBTUL név jelentése (bár a GBT érthető)? Érdemes lenne megadni a szövegben.
6. 10. o. címsor: A Constrained Finite Strip Method for open cross sections címben kisbetűvel szedtem volna a Finite Strip Method kifejezést. Értem, hogy a szerző hangsúlyozni szeretné a véges sávok módszere kifejezést, de ezt némileg ellentmondásosnak vélem a grammatikai szabályokkal. Annál is inkább mert a későbbi fejezetcímekben a köztes szavak mindig kisbetűvel vannak szedve.
7. 11. o. (2.1)-(2.3) képletek: Hiányzik az m jelentésének megadása a (2.1), (2.2) és (2.3) egyenletek esetén – nézetem szerint az a helyes, ha minden jelölést megadunk a szövegben az első előfordulás helyén. A jelölésjegyzék – jó ha van – ehhez csak kiegészítés kellene, hogy legyen.

Ugyanezekben az egyenletekben nincsenek elválasztva szedésben a sormátrixok elemei. A

$$u(x, y) = \left[\left(1 - \frac{x}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right) \right] \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \sin \frac{m\pi y}{a} \quad (2.1)$$

képletet, valamint a másik kettőt is, szerencsésebb lett volna a

$$u(x, y) = \left[1 - \frac{x}{b} \mid \frac{x}{b} \right] \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \sin \frac{m\pi y}{a} \quad (2.1)$$

módon szedni. Ez a tipográfiai kérdés később is felmerül: lásd a (2.13) (15.o.); (2.25) (18.o.); (3.1), (3.2), (3.3) (34.o.); (A3), (A4) (109.o.); (A12) (110.o.); (A13), (A16) (111.o.); (B2) (113.o.); (B11), (B12) (114.o.); (B16) (115.o.); (B33) (117.o.) képleteket.

8. 11. o.: Mi a különbség θ_1 , θ_2 és ϑ_1 , ϑ_2 között – v.ö.: (2.3) képletet és a 2.1 ábrát. Szedési hiba? Valószínű a 2.1. ábra jobboldali része és a későbbiek alapján, hogy ϑ_1 , ϑ_2 helyett θ_1 , θ_2 kellene, hogy szerepeljen a (2.3) képletben.
9. 11. o.: A (2.4) képletet követő harmadik sorban félkövér a görög lambda: **Λ**
10. 13. o. 3. sor a 2.1 táblázat után: "in thin walled members" a helyes kifejezés.
11. 15. o. 2.2 ábra. Inkonzekvens a "main node" jelölése: az ábrán nm , a szövegben n_m . Ez az inkonzekvens később is megjelenik, lásd a 2.5. ábrát a 21. oldalon.
12. 15-16 o. (2.13)-(2.14) képletek. A szövegben nincs megmondva mi a v_i és V_i jelentése. A jelölésjegyzékben sem. Feltehetően a hosszirányú elmozdulás komponensek i -edik "csomópontban" vett értékei.
13. 16 o. (2.15) képletek. Az előző megjegyzés az U_i és W_i elmozdulás komponensek esetére is érvényes.
14. 17 o. a (2.21) képlet után álló ötödik sor: "they can be valid" a helyes.

15. 19 o. 2. sor: i_m a helyes a sor végén.
16. 23. o. a (2.41) képletet követő második sor: "can be get by" hibás, "can be got by" grammatikailag korrekt de jobb lenne "can be obtained by".
17. 26. o. a (2.55) képletet felett 2 sorral: "applied for" helyett "applied to" a helyes. Ugyanezen az oldalon a fenti képlet után 3 sorral "defined at" helyett "defined by" a helyes.
18. 29 o. lentről a 13-adik sor: a yield matematikai jellegű szövegekben tárgyas ige, kb. eredményez vmit módon fordítható, a "yields to a non-negative ..." hibás, helyesen: "yields a non negative ..." .
19. 34. o.: A 8. alatti probléma a (3.3) képletre is vonatkozik.
20. 34. o.: A Pályázó sajnos többször is rosszul használja a "in case" szerkezetet. Az "in the case of something" mindig egy konkrét estre utal, az "in case of something" kifejezés pedig feltételes jelentésű, "in case of fire" kb. ha tűz lesz etc. Az értekezés szinte mindig a konkrét esethez kötődően használja hibásan, azaz határozott névelő nélkül a fenti szerkezetet. Érdekes ehhez a lenti két linket is megnézni:
<https://blog.harvardcommunications.com/2013/12/04/how-to-use-in-case/>
https://24.hu/elet-stilus/2008/11/10/mit_kell_tudni_in/
 A fentiek miatt a 3.1.1. alatti 8. sorban "Since in the case of closed cross-section ... " a helyes.
 Ez a téves névelő használat – illetve nem használat – később is többször előfordul a szövegben, de nem listázom ki itt ezeket a helyeket.
21. 35. o.: A 3.1.3. szakasz cím utáni 2. sor. Mi a BC betűszó jelentése? Feltehetően a "boundary condition" kifejezésre utal.
22. 36. o.: Alulról a 6. sor. "is referred as" helyett "is referred to as" a helyes.
23. 39. o.: Nincs sehol sem megemlítve a szövegben, illetve a jelölés jegyzékben, hogy mi a $\gamma_1, \dots, \gamma_5$ jelentése. Feltehetően γ_{xy} .
24. 40. o.: Nincs sehol sem megemlítve a szövegben, illetve a jelölés jegyzékben, hogy mi a $V_1, \dots, V_5$ jelentése. Feltehetően tengelyirányú elmozdulások a sávok élein.
25. 58. o.: a 3.5. szakasz második sorában "applied to" a helyes.
26. 70. o.: a 4.2. táblázat utáni sor: GDLO a "the" névelő nélkül lenne szerintem a helyes.
27. 84. o.: az (5.29) képlet utáni sor: az "unlike" itt prepozíció, emiatt "unlike the case of ... " a szerintem helyes megfogalmazás..