

Szekrényes András

„Delamináció nem szinguláris modellezése ortotróp kompozit lemezekben szemi-rétegmodell alkalmazásával”

című MTA doktori értekezésének bírálata

Az értekezés általános véleményezése:

Az MTA doktori értekezés angol nyelven, a tézisfüzet pedig magyar nyelven készült. A dolgozat köszönetnyilvánítással kezdődik, ezt követi az absztrakt, majd pedig a tartalomjegyzék. Ez után található a jelmagyarázat. Az oldalak római számmal vannak ellátva. Néhány apró észrevétel tennék erre a részre vonatkozóan: Miért V – tel indul a számozás? Az „Acknowledgment” kifejezésből hiányzik egy „e” betű, helyesen „Acknowledgement”. A „Nomenclature” helyett jobbnak tartanám a „Notation, abbreviations”, a „Roman symbols” helyett pedig a „Latin symbols” használatát. Az értekezés érdemi része nyolc fejezetből áll (1-100. oldal). Ez után következik a 115 publikációból álló Irodalomjegyzék (7 oldal), majd pedig a Mellékletek (A-E) 21 oldalon.

Az értekezés formai bírálata:

A benyújtott munka az MTA doktori értekezésekre vonatkozó előírásainak megfelel. A szövegezése érthető, világos, jó angolsággal, színvonalasan elkészített munka. Az ábrák, táblázatok gondosan elkészítettek, szép kivitelűek. A formára vonatkozó megjegyzéseim a következők: Az egyes fejezetek első oldalain néhol van, néhol pedig nincs oldalszám. Hasonlóan az A, B, C és E mellékleteknél van, a D jelűnél pedig nincs oldalszám. A jelölt a szövegben (*szerző, (évszám)*) alkalmazásával hivatkozik a szakirodalomra. Ez a fajta megoldás néhol eléggé széttördeli a szöveget. Az olvasó számára sok esetben kedvezőbb lett volna, ha az Irodalomjegyzékben felsorolt publikációk sorszámozva lettek volna és a szövegben az adott sorszám(ok)ra történik a hivatkozás.

Az értekezés tartalmi bírálata:

Az első fejezet bevezető részében a kompozit anyagok mérnöki szerkezetekben történő alkalmazása kerül bemutatásra szemléletes ábrákkal. Ezt követi a kompozit szerkezetekben a rétegszétválás ismertetése, majd pedig a fő célkitűzések és az analízisre szolgáló módszerek leírása található.

A második fejezet a rétegszétválást tartalmazó lemezek alapegyenleteit tárgyalja, megadja a szemi rétegmodell definícióját. Bemutatásra kerül az egzakt kinematikai feltételrendszer. Ez a fejezet tárgyalja a kinematikailag lehetséges elmozdulás mezőt, a virtuális munka elvét, valamint az anyagegyenleteket. A fejezet utolsó része foglalkozik az egyensúlyi egyenletekkel invariáns alakban rétegszétválás nélküli és rétegszétválást tartalmazó területeken. Megjegyezném, hogy a 17. oldal alján szereplő képlet száma (2.33) átcúsúzott a következő oldal tetejére.

A munka harmadik fejezete két egyenértékű réteg vizsgálatát tárgyalja. Először a rétegszétválást nem tartalmazó részre vonatkozóan adja meg a Reddy-féle harmadrendű, a másodrendű, illetve az elsőrendű lemezelmélet esetén érvényes egyenleteket. Ezt követően ugyanezen elméletek alapján a rétegszétválást tartalmazó területre vonatkozó egyenleteket találjuk. Néhány apró észrevétel erre a fejezetre: A 3.1 ábrán $X-Z$ sík látszik, viszont az ábrafeliratban $Y-Z$ sík szerepel. A 21. oldalon az utolsó összefüggés képletszáma (3.8) szintén átkerült a következő oldalra. Mi az oka annak, hogy a 3.3 ábrán az X tengely irányú méret dy , az Y tengely irányú pedig dx ?

Az értekezés negyedik fejezete a négy egyenértékű réteg vizsgálatára vonatkozó módszert tárgyalja. Először a rétegszétválást nem tartalmazó részre érvényes összefüggések kerülnek bemutatásra harmad-, másod-, illetve elsőrendű lemezelmélet alkalmazásakor. A 31. oldal utolsó kifejezésének képletszáma (4.10) is átkerült a következő oldalra. A fejezet második része rétegszétválást tartalmazó esetre adja meg a megfelelő összefüggéseket az előzőekben felsorolt lemezelméletek alapján.

Az ötödik fejezet tárgyalja az egzakt analitikus megoldásokat Lévy-típusú lemezekre. Két, különböző esetet mutat be egyszerűen alátámasztott, koncentrált erővel terhelt kompozit lemeznél. A rétegszétválás egyik esetben sem a szimmetria síkban következik be. A szerző megfogalmazza az általánosított folytonossági feltételeket. A fejezet következő részében két egyenértékű réteget tartalmazó kompozit lemezre a Reddy-féle

harmadrendű elmélet alkalmazásakor megadja az állapotvektort rétegszétválást nem tartalmazó, illetve tartalmazó területekre, valamint a peremfeltételeket és a folytonossági feltételeket. A 42. oldal aljáról a képletszám (5.25) itt is átkerült a következő oldal tetejére. Ez után találhatóak a másodrendű, majd pedig az elsőrendű lemezelmélet alapján felírt paramétercsoportok rétegszétválás nélküli, illetve rétegszétválást tartalmazó részekre, valamint a peremfeltételek és a folytonossági feltételek. A jelen fejezet második nagyobb részében négy egyenértékű réteget tartalmazó lemezre vonatkozóan kerülnek bemutatásra a harmadrendű elmélet alapján felírható összefüggések mind rétegszétválás nélküli, mind pedig rétegszétválást tartalmazó részekre, valamint a peremfeltételek és a folytonossági feltételek. Külön megfogalmazásra kerül az 5.1 ábrán (1) és (2) - vel jelölt részek között az elmozdulási paraméterek folytonossága, az u.n. autókontinuitás (AC) tétel, ennek bizonyítása, valamint a tétel következménye és a feszültségi eredők folytonossága. Szintén ebben a fejezetben találjuk az (1) – (1q) és (1q) – (1a) jelű részek közötti folytonosságra vonatkozó paraméterek felírását. Itt adja meg a jelölt az „Over-constrained” és a „Well-constrained” lemez modell definícióját (a kifejezéseket szándékosan nem fordítottam). A második definícióban kétszer szerepel az „of the”. A fejezet befejező részében négy egyenértékű réteget tartalmazó lemezre vonatkozóan kerülnek bemutatásra a másod- és elsőrendű elmélet alapján felírható összefüggések mind rétegszétválás nélküli, mind pedig rétegszétválást tartalmazó részekre, valamint a peremfeltételek és a folytonossági feltételek. Az 52. oldal legalján szereplő kifejezés képletszáma (5.69) átkerült a következő oldal tetejére. Ezt a fejezet tartom az értekezés egyik legértékesebb részének.

A hatodik fejezetben kerül bemutatásra egy egyszerűen alátámasztott ortotróp kompozit lemez analízise két különböző geometriával az 5.1a és 5.1b ábráknak megfelelően. Megadásra kerültek a geometriai méretekre, a terhelésre és az anyagjellemzőkre vonatkozó konkrét adatok. Négy különböző helyzetű rétegszétválást tanulmányozott a szerző, melyeket I-IV – gyel jelölt. A MAPLE nevű programmal végzett számításokat az előzőekben leírtak alapján. Az analitikus számítási eredmények ellenőrzésére az ANSYS nevű végelelemes programrendszerrel is elvégezte a számításokat, melyekhez nyolc csomópontú lineáris u.n. SOLID elemeket használt. A fejezet további részében először két egyenértékű rétegre vonatkozóan az analitikus és végelelem-módszerrel

történt számítási eredmények ábrái, majd pedig a négy egyenértékű rétegre vonatkozó eredmények ábrái található a hozzájuk fűzött magyarázatokkal a négy esetre.

A hetedik fejezet bemutatja a törésmechanikából ismert J-integrál számítását rétegszétválást tartalmazó kompozit lemezekben. Részletesen kifejtésre kerülnek a 3D-s J-integrálban szereplő kifejezések. Lévy-típusú lemezek esetén a teljes J-integrál egyszerűsíthető és az alap törési módoknak megfelelően J_{II} és J_{III} részekre bontható. Lineárisan rugalmas anyag esetén a J-integrál megegyezik az alakváltozási energia felszabadulási mértékkel, így $J_{II} = G_{II}$ és $J_{III} = G_{III}$. A fejezet további része először két egyenértékű réteg esetén szemlélteti a korábban bemutatott két különböző helyzetű rétegszétválásra és a I – IV esetre a kapott számítási eredményeket. Ezt követően a négy egyenértékű rétegre vonatkozóan található ugyanolyan számítási eredmények. A szerző végül két táblázatban foglalja össze az alkalmazott lemezelméletek alapján kapott eredményeket az előzőekben leírt esetekre vonatkozóan. A táblázatok tartalmazzák a hozzájuk kapcsolódó ábrák számát, a különböző lemezelméletekkel számított G_{II} és G_{III} értékek rangsorát pontosságuk alapján. Ez a fejezet a munka másik igen értékes része. Olvasás közben felmerült bennem néhány gondolat. Az értekezés olyan eseteket tanulmányozott, amikor a rétegszétválás a keresztmetszet teljes szélességében bekövetkezik, így a front egyenes. Találkozott-e a jelölt a szakirodalom tanulmányozása során olyan esetekkel, amelyeknél csak a lemez egy részén következett be rétegszétválás (pl. a lemez egyik sarkánál)? A törésmechanikában az ilyen eseteket úgy kezelik, hogy a szabálytalan alakú repedésfrontot valamilyen szabályos alakzattal (pl. negyed ellipszis, negyed kör) közelítik és a görbe repedésfront mentén végzik el a számításokat. Véleménye szerint az értekezésben bemutatott módszerek alkalmazhatók-e ilyen jellegű problémák vizsgálatára?

A nyolcadik fejezet tartalmazza a tudományos munka eredményeinek összefoglalását, az öt tézist (ezekről majd külön) és az eredmények hasznosítási lehetőségeit.

Ezt követően található az Irodalomjegyzék, majd pedig a szerzőnek az értekezés témájából készített publikációi (összesen tizenegy darab), melyek rangos nemzetközi folyóiratokban jelentek meg és mindegyikük egyszerű szerzős.

Az „A” jelű mellékletben található a Reddy-féle harmadrendű, a másodrendű és az elsőrendű lemezelméletek alkalmazása esetén rétegszétválás nélküli, illetve rétegszét-

válást tartalmazó részekre vonatkozóan a harmadik fejezetben bemutatott modellhez tartozó K_{ij} konstansok két egyenértékű rétegnél.

A „B” jelű mellékletben található a Reddy-féle harmadrendű, a másodendű és az elsőrendű lemezelméletek alkalmazása esetén rétegszétválás nélküli, illetve rétegszétválást tartalmazó részekre vonatkozóan a negyedik fejezetben bemutatott modellhez tartozó K_{ij} mátrix elemek négy egyenértékű rétegnél. A B.1.1 pontban nem találtam $K_{31}^{(2)}$, $K_{32}^{(2)}$, $K_{41}^{(2)}$ és $K_{42}^{(2)}$ elemeket. A B.1.2 pontban hiányzik a $K_{35}^{(2)}$ és a $K_{45}^{(2)}$ kifejezés. A B.2.2 pont (B.56) számú képleteiben $K_{12}^{(0)}$ és $K_{13}^{(0)}$ szükséges, mert így a kifejezésekben kétszer szerepel a $K_{32}^{(0)}$ és $K_{33}^{(0)}$ különböző módon. A B.3.1 pont (B.65) és (B.66) kifejezései a $K_{44}^{(0)}$ kivételével megegyeznek.

A „C” jelű melléklet tartalmazza a harmad-, a másod- és az elsőrendű lemezelmélet alapján felépített rendszermátrixokat rétegszétválás nélküli, illetve rétegszétválást tartalmazó részekre mind két-, mind pedig négy egyenértékű réteg esetén.

A „D” jelű melléklet mutatja be a virtuális repedészáródási technikához kapcsolódó referencia rendszert és a paramétereit.

Az „E” jelű mellékletben szemléletes ábrákon láthatók a nyírási alakváltozási jellemzők és a nyírási feszültségek.

A téziszfűzet bírálata:

A téziszfűzet tíz számozott oldalból áll. Először a kutatás előzményeit, majd pedig a célkitűzéseit találjuk. Ez után következik a kutatás módszerének bemutatása. Az új tudományos eredmények címszó után található az öt darab tézis. Ezt követi az eredmények alkalmazási lehetőségeinek leírása, a 35 darab publikációt tartalmazó irodalomjegyzék és az értekezés témájában megjelent 11 darab publikáció.

A tézisekről:

1. Tézis: A tézist egy apró módosítással elfogadom. A „vastagság irányában nem deformálható lemezek” helyett jobbnak tartanám a „vastagság irányában nem deformálódó lemezek” kifejezés használatát.

- 2. Tézis:** A tézist változatlan formában elfogadom.
- 3. Tézis:** A tézist változatlan formában elfogadom.
- 4. Tézis:** A tézist változatlan formában elfogadom.
- 5. Tézis:** A tézist változatlan formában elfogadom.

Összefoglalás:

Szekrényes András „Delamináció nem szinguláris modellezése ortotróp kompozit lemezekben szemi-rétegmodell alkalmazásával” című doktori munkáját értékes, tartalmas műnek ítélem, amely a szerző saját tudományos eredményeit foglalja össze. Az értekezés hiteles adatokat tartalmaz. A doktori munkát nyilvános vitára alkalmasnak tartom, és feltétlenül javasolom a vita kitűzését.

Miskolc, 2017. március 3.

Horváthné Varga Ágnes
bíró