

Adatlap¹ témahirdetési javaslatához a Csonka Pál Doktori Iskola Tanácsa részére

Témavezető² neve: Dr. Hegyi Dezső
e-mail címe³: dizso@szt.bme.hu

Téma címe: Ponyvaszerkezetek nemlineáris vizsgálata

A **téma** rövid leírása⁴:

A ponyvaszerkezetek viselkedésére szinte minden téren nemlineáris: terheit nagy alakváltozásokkal veszi fel, nagyok a megnyúlások, nemlineáris az anyagmodell (nemlineáris rugalmas, képlékeny, időtől függő). Minél pontosabb vizsgálatokat végzünk annál jobban kirajzolódik, hogy a rugalmas anyagmodell kevésbé alkalmas a szerkezetek valódi erőjátékának modellezésére: a peremek egészen kis törése esetén is feszültségcsúcsok alakulnak ki, amik tönkremenetelhez is vezethetnének. A használati tapasztalat azonban az, hogy ezeken a pontokon nem megy tönkre a szerkezet: vagy leépülnek a feszültségek a képlékeny viselkedés következtében, vagy ha rugalmas az anyag, akkor törésmechanikai elvek szerint kellene vizsgálni a tönkremenetelt. A kutatás célja a ponyva anyagmodell fejlesztése, lehetővé téve a szerkezet minél valóság hűbb analizisét. Ez lehetővé tenné, hogy az egyre pontosabb számításokkal kapott eredményeket reálisan tudjuk értékelni: a számítások során kirajzolódó feszültségcsúcsokat megfelelő módon tudjuk simítani, vagy legyen egy jól meghatározott törési feltételünk.

A feladat elvégzéséhez anyagvizsgálatokat kell végezni. Ehhez a Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék laboratóriumában rendelkezésre állnak a korábbi kúszásvizsgálatok eszközei (egyirányú és kétirányú berendezések), illetve folyamatban van egy ponyvák vizsgálatára alkalmas kisteljesítményű, de jól vezérelhető szakítógépi beszerzése.

A kutatás eredményeként előállított új anyagmodelleket elsősorban kutatási célokra lehet alkalmazni. A gyakorló szakma számára ebből kell előállítani biztonságosan alkalmazható lineárisan rugalmas számítási módszert, ahol a tervezési kritériumokat igazítanánk a pontosabb modellek eredményeihez.

¹ Az adatlapot egy példányban kinyomtatva és aláírva a Szilárdságtani Tanszék titkárságára, egy elektronikus változatban pedig a Doktori Iskola titkárának (Maróty Katalin mkata@et.bme.hu) kell eljuttatni. A témahirdetés elfogadása esetén az adatlap felkerül a Csonka Pál Doktori Iskola (www.szt.bme.hu/doktori), a témahirdetés rövid leírása pedig az Országos Doktori Tanács honlapjára (<http://www.doktori.hu/>)

² A témahirdetés elfogadása automatikusan a témavezető akkreditációját is jelenti a 2010. évi felvételi eljáráshoz.

³ Kérjük, olyan elérhetőséget adjon meg, ahová biztonsággal küldhetünk hivatalos értesítéseket.

⁴ A téma (szóközökkel) 2000-4000 leütés hosszú – a jelentkező hallgatókat bővebben tájékoztató változatát, (mely a téma fent megadott releváns nemzetközi irodalmára tételesen hivatkozik) – kérjük mellékletben megadni.

A **téma** meghatározó irodalma⁵:

- Topping B.H.V., Iványi P.: *Computer aided design of cable membrane structures*. Saxe-Coburg Publications, Kippen 2007.
- Bridges B.N., Gosling P.D.: *Direct stress-strain representation for coated woven fabrics*. Computers and Structures 82. pp 1913-1927. 2004.
- Boisse P., Buet K., Gasser A., Launay J.: *Meso/macro-mechanical behavior of textile reinforcements for thin composites*. Composites Science and Technologies 61. pp. 395-401. 2001.
- Bletzinger K-U. _ Ramm E.: *Structural optimization and formfining of light weight structures*. 71. évf. (2001), Computers & Structures, 2053_2062. p.
- Ambroziak A. _ Klosowski P.: *Non-linear elastic and rheological constitutive modelling of pvc-coated polyester fabric using dense net model*. 2005., Structural Membranes 2005, Stuttgart, 131_138. p.
- Durville D.: *Approach of the constitutive material behaviour of textile composites through simulation*. 2005., Structural Membranes 2005, Stuttgart, 307_316. p.
- Ballhause D. _ König M. _ Kröplin B.: *A mikrostructure model for fabric-reinforced membranes based on discrete element modelling*. 2005., Structural Membranes 2005, Stuttgart, 255_264. p.
- Bridgens B. N. _ Gosling P. D.: *A predictive fabric model for membrane structure design*. 2005., Structural Membranes 2005, Stuttgart, 287_296. p.
- Haan S. I. _ Charalambides P. G. _ Suri M.: *A specialized _nite element for the study of woven composites*. 27. évf. (2001), Computational Mechanics, 445_462. p.
- Hegyi, D., -Sajtos, I.-Geiszter, Gy.-Hincz, K.: *8-node Quadrilateral Double-Curved Surface Element for Membrane Analysis*. Computers and Structures 84. pp 2151-2158. 2006.
- Hegyi D - Sajtos I.: *Új rugalmas anyagtörvény műszaki textíliákhoz*. Építés- és Építészettudomány XXXVII-2009/1-2. pp. 95-106.
- Hegyi D - Sajtos I.: *New elastic phenomenological material law for technical textiles*. In: E Onate, B Kröplin (szerk.) *Textil Composites and Inflatable Structures IV*. Stuttgart, Németország, 2009.10.05-2009.10.07. Stuttgart: pp. 1-4.

A **téma** hazai és nemzetközi folyóiratai⁶:

- Építés és építészettudomány
- Jurnal of Applied Mechanics
- Computers and Structures
- Composites Science and Technology
- International Journal of Solids and Structures
- International Journal of Mechanical Sciences
- Composite Structures

⁵ Minimum 5, maximum 10 cikket vagy monográfiát kérünk felsorolni, melyben feltétlenül szerepelnie kell a legfrissebb, legismertebb eredményeknek.

⁶ Minimum 5, maximum 10 folyóirat megadását kérjük, melyek között feltétlenül szerepelnie kell a PhD fokozatszerzés szempontjából elengedhetetlen (Scopus és/vagy Sci illetve Iconda minősítésű idegen nyelvű folyóiratoknak is. Kérjük, ezeket a periodikákat a felsorolásban jelöljék meg.

A **témavezető** fenti folyóiratokban megjelent 5 közleménye:

- Hegyi D.: Ponyvaszerkezet *alakmeghatározási módszerei*. Építés- és Építészettudomány XXXI-2003/3-4. pp. 233-251.
- Hegyi, D.- Hincz, K.: *Long-term analysis of prestressed membrane structures*. Journal of Computational and Applied Mechanics 6. pp 189-205. 2005.
- Hegyi, D.-Sajtos, I.-Sándor, Gy.: *Long-term Strain Measurement of Technical Textiles by Photographic Method*. Materials Science Forum 537-538. pp 381-387. 2006.
- Hegyi, D.,-Sajtos, I.-Geiszter, Gy.-Hincz, K.: *8-node Quadrilateral Double-Curved Surface Element for Membrane Analysis*. Computers and Structures 84. pp 2151-2158. 2006.
- Hegyi D - Sajtos I.: *Új rugalmas anyagtvény műszaki textíliákhoz*. Építés- és Építészettudomány XXXVII-2009/1-2. pp. 95-106.

A **témavezető** utóbbi tíz évben megjelent 5 legfontosabb publikációja:

- Hegyi D.: Ponyvaszerkezet *alakmeghatározási módszerei*. Építés- és Építészettudomány XXXI-2003/3-4. pp. 233-251.
- Hegyi, D.- Hincz, K.: *Long-term analysis of prestressed membrane structures*. Journal of Computational and Applied Mechanics 6. pp 189-205. 2005.
- Hegyi, D.-Sajtos, I.-Sándor, Gy.: *Long-term Strain Measurement of Technical Textiles by Photographic Method*. Materials Science Forum 537-538. pp 381-387. 2006.
- Hegyi, D.,-Sajtos, I.-Geiszter, Gy.-Hincz, K.: *8-node Quadrilateral Double-Curved Surface Element for Membrane Analysis*. Computers and Structures 84. pp 2151-2158. 2006.
- Hegyi D - Sajtos I.: *Új rugalmas anyagtvény műszaki textíliákhoz*. Építés- és Építészettudomány XXXVII-2009/1-2. pp. 95-106.

A **témavezető** eddigi doktoranduszai⁷:

- nem volt korábban doktoranduszom

-
-
-

Melléklet: a téma bővebb leírása

Budapest, 2011. február 28.

Témavezető aláírása

⁷ Kérjük, a témavezetési tevékenységre vonatkozó adatokat abban az esetben is adja meg, ha témavezetőként a DI már korábban akkreditálta, vagy törzstagként témavezetői akkreditációja nem szükséges.

Részletes kutatási terv

Ponyvaszerkezetek nemlineáris vizsgálata

A ponyvaszerkezetek számos nemlineáris mechanikai problémát magukkal hordoznak: terheiket nagy alakváltozásokkal és nagy megnyúlásokkal veszik fel, és a ponyvaszerkezetekhez használt anyagok is nemlineáris viselkedést mutatnak. A mechanikai kutatásokban újra és újra előtérbe kerülnek egyes problémakörök, melyek a ponyvaszerkezetekhez kapcsolódnak. A mérnöki textíliák és textil szerkezetek megjelenésével az ötvenes-hatvanas években az alakmeghatározás és az analízis feladatának megoldása adott feladatot a kutatóknak. Ezek a módszerek rúdhálóval modellezték a felületszerkezetet. Már a hetvenes években is publikáltak felületelemeket használó modelleket, de széleskörű, összetettebb alkalmazásukra a nagy számítás igény miatt várni kellett a PC-k elterjedéséig és felgyorsulásukig. A kis teljesítményű számítógépekre kidolgozott megoldásokat az utolsó két évtizedben intenzíven fejlesztették egyre bonyolultabb felületelemeket használó módszerekkel. A rúdelemeket használó számítási módszerek idején indokolatlan lett volna nagyon pontos anyagmodelleket alkalmazni, hiszen a felület tulajdonságait egy vonalelemre kellett redukálni. A műszaki textíliák anyagmodelljeiről már a hetvenes évekből is találhatunk cikkeket, de az igazi intenzív munka csak a kilencvenes években kezdődött.

A ponyvaanyag nemlineáris viselkedésének több természete van:

- i) A rugalmas alakváltozásokat nemlineáris anyagtörvénnyel írhatjuk le. A szövet két, egymásra merőleges száliránya meggörbíti egymást. Húzás hatására a szálak ki akarnak egyenesedni, emiatt intenzív kölcsönhatásba kerül a két szálirány. Az egymást meggörbítő szálirányok feszítési arányai folyamatosan változtatják az erő-megnyúlás diagram adott irányhoz tartozó meredekségét.
- ii) A ponyvaanyaghoz általánosan használt poliészter szálak, PVC bevonatú szövet időtől függő alakváltozásai számottevőek. A használati tapasztalat is azt mutatja, hogy a viszkózus alakváltozások hatással vannak a szerkezet működésére: az építés után szükség van az utófeszítésre, illetve nagyobb terhek (pl. hőteher) megszűnése után a fellazult felület ugyancsak feszítést igényel.
- iii) A korábban elvégzett méréseinkből nem derül ki egyértelműen, de valószínűsíthetjük, hogy az anyag rugalmas-képlékeny alakváltozásokat szenved nagyobb terhek hatására.

A tervezett kutatás célja az egyre pontosabb szerkezetanalízis összekapcsolása az anyagmodellekkel. A "nagyfelbontású" és nagy pontosságú rugalmas numerikus vizsgálatok eredményeként a szerkezetek egyes részein feszültségcsúcsok rajzolódhatnak ki. A rugalmas számítási modell alkalmazása magyarázatot is ad ezeknek a feszültségeknek a megjelenésére. A nagy és kevésbé pontos elemeket használó valamint a rúdelemeket használó eljárások elfedik ezeket a csúcsokat. A megépült szerkezetek azt mutatják, hogy ugyan a szerkezet érzékeny pontjain jelennek meg a számított feszültségcsúcsok, de a tönkremenetel mégsem jellemző. Felmerül, hogy az anyag képlékeny vagy viszkózus viselkedése miatt lépülnek a feszültségek, vagy a tönkremenetel nem szilárdsági, hanem alakváltozási feltételhez köthető.

A kutatás során a következő konkrét lépéseket szeretnénk végigjárni:

- a) A kétirányú viselkedést leíró (korábban a témavezető által kifejlesztett) fenomenológiai összefüggést kísérleti eredmények alapján verifikálni illetve pontosítani szükséges.

b) Kísérleti eredmények alapján meghatározni a kétirányú viszkózus viselkedést leíró anyagmodellt. Ehhez felhasználhatóak a témavezető korábban elvégzett egy és kétirányú kísérleteinek tapasztalatai és a korábban egyirányú kísérletek alapján kidolgozott viszkózus anyagmodellek.

c) Rövid idejű, esetleg ciklikus vizsgálatokat végezni a rugalmas-képlékeny viselkedés megismeréséhez, modellezéséhez.

d) Numerikus kísérleteket végezni a nemlineáris anyagmodellek használatával.

A kutatás eredményeként olyan tönkremeneteli feltételt szeretnénk meghatározni, ami alkalmas arra, hogy a korszerű pontos rugalmas számításokkal kapott feszültség és megnyúlás értékek alapján megítélhető legyen a szerkezet biztonsága. Különös tekintettel arra, hogy a gyártók gyakran csak a szálszerkezetet, a négyzetmétersúlyt és a szakítóerőt közlik egy-egy anyag jellemzésére.

Budapest, 2011. február 28.

Dr. Hegyi Dezső