

Adatlap¹ témahirdetési javaslatához a Csonka Pál Doktori Iskola Tanácsa részére

Témavezető² neve: Hegyi Dezső

e-mail címe³: dizso@szt.bme.hu

Téma címe: Műszaki textíliák tönkremeneteli feltételének vizsgálata

A **téma** rövid leírása⁴:

A kutatás célja megfogalmazni egy olyan mechanikai modellt, ami tudományos szempontból jól leírja a ponyvaszerkezetekhez használt műszaki textíliák tönkremeneteli feltételét. Ha megvan egy megfelelően pontos elméleti modell, akkor ennek segítségével egy olyan feltétel vagy feltétel rendszer kerül meghatározásra, ami könnyen használható a tervezés során rendelkezésre álló adatok és számítási módszerek alkalmazása során. Jelenleg a méretezéshez az ellenállás oldalán a gyártó által közölt szakítószilárdság áll rendelkezésre, míg a hatás oldalán változatos nemlineáris számítási eljárásokat használnak a tervezők. A számítási eljárások az utóbbi két évtizedben sokkal pontosabbak és részletesebbek lettek a korábbi durva modelleknél. Olyan szingularitási problémák merülnek fel, amiket a korábbi durvább modellek nem is tudtak volna előhozni. Így kritikus kérdéssé válhat, hogy egy-egy lokális probléma valóban tönkremenetelhez vezethet-e? A gyakorlati tapasztalat ennek ellentmond, a vasbeton vagy acél szerkezetekhez hasonlóan itt is leépülnek a feszültség csúcsok. Ha megismerjük a tönkremenetel folyamatát, akkor az analízishez használt diszkretizáló hálózat felvételére és a csúcsok simítására tehetünk javaslatot az analízis, azaz a hatás oldalán. Továbbá arra is lehetőség nyílik, hogy a szakítószilárdság alapján meghatározhassuk, hogy beépítve mekkora ellenállásra is lesz képes az anyag.

A **téma** meghatározó irodalma⁵:

- K. Kwok. Mechanics of Viscoelastic Thin-Walled Structures. Caltech, thesis, 2012.

- H. F. Brinson and L. C. Brinson, Polymer Engineering Science and Viscoelasticity, Springer, 2008.

- D. Hegyi, I. Sajtos, Gy. Geiszter, K. Hincz, "8-node Quadrilateral Double-

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](mailto:Marotzy.Katalin@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 melléketben megadni.

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

Curved Surface Element for Membrane Analysis", Computers and Structures 84. pp 2151-2158. (2006)

- D. Hegyi, K. Hincz, "Long-term analysis of prestressed membrane structures", Journal of Computational and Applied Mechanics 6. pp 189-205. (2005)

- N. Brown and X. Lu, "A Fundamental Theory for Slow Crack Growth in Polyethylene", Polymer Vol. 36/3, pp. 543-548, (1995).

- W. Knauss, "Time Dependent Fracture of Polymers", Int. Series on the Strength and Fractures, pp. 2683-2711, (1989).

- J. T. Tilkien. "A fracture toughness test for polymer film", Polymer testing Vol. 12. pp. 207-220, (1993).

- P. M. Nagdi and S. A. Murch, "On the Mechanical Behavior of Viscoelastic/Plastic Solids", J Applied Mechanics, pp. 321-328, (1963).

-M. J. Crochet, "Symmetric Deformations of Viscoelastic-Plastic Cylinders", J Applied Mechanics pp. 327-334, (1966).

-D. Hegy and S. Pellegrino, "Viscoplastic tearing of polyethilen thin film" Mechanics of Time-Dependent Materials, 19. 187-208. (2015).

A **téma** hazai és nemzetközi folyóiratai⁶: (* Scopus/Sci)

- Építés- és Építészettudomány (*)

- Anyagvizsgálók Lapja

- Computers and Structures (*)

- Journal of Applied Mechanics (*)

- Composit Structures (*)

- Int. J. Polimer Materials (*)

- Journal of Computational and Applied Mechanics (*)

- Material Science Forum (*)

- Meschanics of Time-Dependent Materials (*)

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

- D. Hegyi, I. Sajtos, Gy. Sándor, "Long-term Strain Measurement of Technical Textiles by Photographic Method" Materials Science Forum 537-538. pp. 381-387. (2006)

- D. Hegyi, I. Sajtos, Gy. Geiszter, K. Hincz, "8-node Quadrilateral Double-Curved Surface Element for Membrane Analysis", Computers and Structures 84. pp 2151-2158. (2006)

- D. Hegyi, K. Hincz, "Long-term analysis of prestressed membrane structures", Journal of Computational and Applied Mechanics 6. pp 189-205. (2005)

- Hegyi D., Sajtos I., "Új rugalmas anyagtvörvény műszaki textíliákhoz" Építés- és Építészettudomány 37/1-2. pp. 95-106. (2009)

-D. Hegy and S. Pellegrino, "Viscoplastic tearing of polyethilen thin film" Mechanics of Time-Dependent Materials, 19. 187-208. (2015).

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** utóbbi tíz évben megjelent 5 legfontosabb publikációja:

- D. Hegyi, I. Sajtos, Gy. Geiszter, K. Hincz, "8-node Quadrilateral Double-Curved Surface Element for Membrane Analysis", *Computers and Structures* 84. pp 2151-2158. (2006) (if.: 0,846 cite: 21/18)

- Hegyi D., Sajtos I., "Új rugalmas anyagtörvény műszaki textíliákhoz" *Építés-és Építészettudomány* 37/1-2. pp. 95-106. (2009)

- D. Hegyi, I. Sajtos, "New elastic phenomenological material law for technical textiles", *Textil Composites and Inflatable Structures IV* . Stuttgart, pp. 1-4. (2009).

- D. Hegyi, I. Sajtos, Gy. Sándor, "Long-term Strain Measurement of Technical Textiles by Photographic Method" *Materials Science Forum* 537-538. pp. 381-387. (2006)

-D. Hegyi and S. Pellegrino, "Viscoplastic tearing of polyethilen thin film" *Mechanics of Time-Dependent Materials*, 19. 187-208. (2015) (if: 1,58, cite: 2/2)

A **témavezető** eddigi doktoranduszai⁷:

Melléklet: a téma bővebb leírása

Budapest, 2016. február 26.

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 akreditációja nem szükséges.

Részletes kutatási terv

Műszaki textíliák tönkremeneteli feltételeinek vizsgálata

A ponyvaszerkezetekhez felhasznált műszaki textíliák tönkremenetele jelentősen eltér a hagyományos építőanyagok törésétől. A legtöbb építőanyagnál elegendő meghatározni egy törőfeszültséget, folyási határt vagy határnyúlást, és ezen adatok alapján biztonságosan tervezhető egy szerkezet teherbírása. Azonban a műanyagok nagy részénél dominánsak az időtől függő alakváltozások, amik nem csak a deformációkat, de a tönkremenetelt is befolyásolják. A ponyvaszerkezeteknél elterjedt PVC bevonatú poliészter szálás textíliák viselkedése ugyancsak viszko-elasztikus [Kollár 1987, Knauss 1989, Hegyi-Hincz 2005, Brinson-Brinson 2008, Kwon 2012].

Riner & Weissenberg elmélete szerint [Riner-Weissenberg 1939] a törést az anyagban felhalmozott, visszanyerhető alakváltozási energia határozza meg, azaz a rugalmas alakváltozások. Von Misses elmélete szerint pedig csak azok a feszültségek vezetnek töréshez, amik megváltoztatják az anyag alakját (dilatációs alakváltozások), a térfogatváltozással járó deformációk nem. A két törvényszerűsége építve számos elmélet születet, melyek feltételeket próbálnak állítani viszko-elasztikus, elasztoplastikus vagy viszko-elasztoplastikus anyagok töréséhez. Vannak elméletek, amik a feszültségek oldaláról közelítik meg a kérdést [Nagdi-Murch 1963, Crochet 1966], és vannak, amik a deformációs energia oldaláról [Brown-Lu 1995]. Ez utóbbi elméletek általánosabb megfogalmazást adnak, és közel állnak a törésmechanikában lefektetett energia alapú megközelítéshez, azaz, hogy a töréshez az szükséges, hogy a szerkezetben felhalmozódjon bizonyos mennyiségű alakváltozási energia, mely felszabadulva törési felületet hoz létre. Az egyes műanyagok viselkedése nagyban különbözik egymástól a belső molekuláris szerkezet és a makroszkopikus felépítés miatt, valamint a különböző rideggé válási hőmérséklet miatt. Ezért tulajdonképpen minden anyaghoz más módszer, más feltétel felállítása lehet célravezető.

A felületszerkezeteknek fontos sajátossága, hogy a terhelésük síkbeli, azaz membrán feszültségi állapotban vannak. A tapasztalatok szerint a törés máshogy alakul ki ilyen terhelés esetén, ami összhangban van a von Misses törési feltétellel. Ez azért lényeges, mert a tapasztalat szerint a műanyag fóliák egy irányú terhelés mellett sokkal nagyobb alakváltozásokat szenvednek a törés bekövetkezése előtt, mint kétirányú terhelés esetén. A nagy plastikus alakváltozások miatt nehezen szétválaszthatóak a rugalmas és a nem rugalmas alakváltozások. A probléma megkerülése érdekében kétirányú méréseket érdemes végezni, és felmerül a törésmechanikai módszerek alkalmazása. Tilkien dolgozott ki eljárást fóliák törésmechanikai vizsgálatára [Tilkien 1993].

A törésmechanikai megközelítés azért is különösen jó, mert a ponyvaszerkezetek felületében gyakran alakulnak ki szingularitások geometriai okokból, vagy kisebb sérülések miatt. A korszerű számítási eljárások kimutatják ezeket a feszültségelhalmozódásokat [Hegyi-Sajtos-Geiszter-Hincz 2006, Hegyi 2006]. A hagyományos határfeszültségre épülő méretezés alkalmazhatósága nehézségekben ütközik ilyenkor.

A kiírásra kerülő PhD téma a címben szereplő műszaki textíliák tönkremenetelének meghatározását tűzi ki célul. Elsősorban PVC bevonatú poliészter szálás szövetek esetére, de esetleg a külföldön rohamosan terjedő PTFE bevonatú szövetek vagy ETFE fóliák esetére is.

A kutatási munkához szükséges eszközök egy része rendelkezésre áll a tanszéken: szakítógépek és kúszási vizsgálatokhoz szükséges berendezések. A mérési eredmények elemzéséhez és feldolgozásához Matlab és C++ rutinok felhasználására és elkészítésére lesz szükség. A szerkezet elemzéséhez felhasználhatóak a témavezető által korábban fejlesztett eljárások [Hegyi-Hincz 2005, Hegyi-Sajtos-Sándor 2006, Hegyi-Sajtos-Geiszter-Hincz 2006, Hegyi-Sajtos 2009].

A kutatás célja megismerni a törés folyamatát, meghatározni a törés feltételét és ezek alapján kidolgozni egy eljárást, ami felhasználható a mindennapi tervezés során. Ez utóbbi azért fontos, mert két körülmény is nehezíti egy bonyolultabb elmélet bevezetését a szakma számára: i) a gyártók általában csak a szakítóerő értékét adják meg, esetleg szakadó-nyúlással együtt; ii) a kereskedelmi programok csak a szokásos feszültség analízisre alkalmasok, rendszerint lineáris rugalmas anyag törvény alkalmazásával. A két körülmény figyelembevételével kell javaslatot tenni a tervezők számára.

- Brinson-Brinson 2008. *Polymer Engineering Science and Viscoelasticity*. Springer.
- Brown-Lu 1995. *A Fundamental Theory for Slow Crack Growth in Polyethylene*. Polymer 36/3 pp 543-548.
- Crochet 1966. *Symmetric Deformations of Viscoelastic-Plastic Cylinders*. J Applied Mechanics pp 327-334.
- Hegyi-Hincz 2005. *Long-term analysis of prestressed membrane structures*. Journal of Computational and Applied Mechanics 6. pp 189-205.
- Hegyi-Sajtos-Sándor 2006. *Long-term Strain Measurement of Technical Textiles by Photographic Method*. Materials Science Forum 537-538. pp 381-387.
- Hegyi-Sajtos-Geiszter-Hincz 2006. *8-node Quadrilateral Double-Curved Surface Element for Membrane Analysis*. Computers and Structures 84. pp 2151-2158.
- Hegyi 2006. *Ponyvaszerkezetek vizsgálata numerikus és kísérleti módszerekkel*. BME thesis
- Hegyi-Sajtos 2009. *Új rugalmas anyag törvény műszaki textíliákhoz*. Építés- és Építészettudomány 37/1-2. pp. 95-106.
- Hegyi-Sajtos 2009. *New elastic phenomenological material law for technical textiles*, Textil Composites and Inflatable Structures IV . Stuttgart, pp. 1-4
- Kwon 2012. *Mechanics of Viscoelastic Thin-Walled Structures*. Caltech thesis
- Knauss 1989. *Time Dependent Fracture of Polymers*. Int. Series on the Strength and Fractures.
- Kollár 1987. *Ponyvaszerkezetek*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Nagdi-Murch 1963. *On the Mechanical Behavior of Viscoelastic/Plastic Solids*. J Applied Mechanics pp 321-328.
- Riner-Weissenberg 1939. *A Thermodynamic Theory of the Strength of Materials*. Rheological Leaf
- Tilkien 1993. *A fracture toughness test for polymer film*. Polymer testing 12. pp 207-220.
- Hegyi-Pellegrino 2015. *Viscoplastic tearing of polyethilen thin film*. Mechanics of Time-Dependent Materials, 19. 187-208.