

# Optimális szerkezettervezés

## Dr. Pomezanski Vanda

**2. hét:** Optimálási feladatok az építőmérnöki gyakorlatban  
[ICEE2008 konferencia előadás anyaga](#)

# Optimálási feladatok az építőmérnöki gyakorlatban

---

- ▶ “Structural optimization may be defined as the rational establishment of structural design that is the best of all possible design within a prescribed objective and given set of geometrical and/or behavioral limitations.”
  - ▶ H. Eschenauer, N. Olhoff, W. Schnell, “Applied Structural Mechanics, Fundamentals of Elasticity, Load-Bearing Structures, Structural Optimization”, Springer 1997, pp. 301-306
- ▶ Szerkezetek optimálása nem más, mint a szerkezeti tulajdonságok olyan ésszerű megválasztása, mely a választott cél és az adott geometriai és/vagy viselkedési korlátok mellett a lehető legjobb.



# Tartalom

---

- ▶ Szerkezetek optimalálása hallgatóknak
- ▶ Szerkezetek optimalálása kutatóknak
  - ▶ Tervezési változók megadása
  - ▶ Tervezési feltételek megadása
  - ▶ Célfüggvény megadása
  - ▶ Példák bemutatása
    - ▶ Rácsos tartók optimalálása
    - ▶ Tárcsafeladatok optimalálása



# Optimális tervezés

## 3. szemeszter

Virtuális erők és elmozdulások

Munka tétele,  
Energiaminimum tétele

alakváltozás

geometriai/kinematikai  
egyenletek

elmozdulás

## 2. szemeszter

Hooke törvénye lineárisan rugalmas anyagok esetében, súlypont, statikai nyomaték, inercia

feszültség

Egyensúlyi egyenlet

teher/erő

## 1. szemeszter

Erők:  
terhek és támaszok  
eredő erő  
ellenő, egyensúlyozó  
erő

külső és belső erők  
egyensúly  
forgatónyomaték

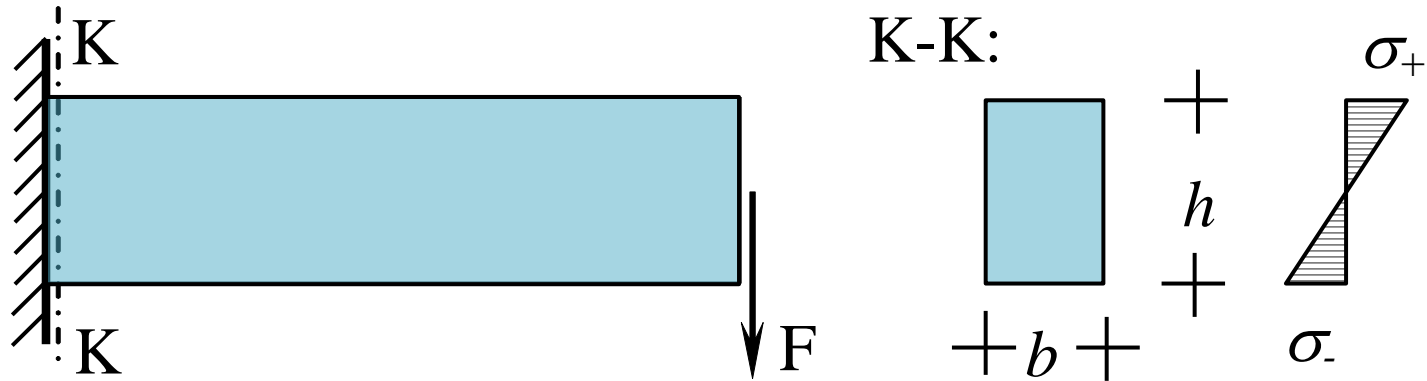
anyagegyenlet

u



# Szerkezetek optimális tervezése hallgatóknak

---



- ▶ Cél: kedvező keresztmetszeti terület meghatározása
  - ▶ Feltételek:
    - ▶ Feszültség
    - ▶ Lehajlás
    - ▶ Stabilitás/elcsavarodás/horpadás
- 



# Optimális szerkezettervezés kutatóknak

---

- ▶ Szerkezetek tervezésekor különböző adatokat, geometriai, topológiai, anyagi vagy merevségi paramétereket használunk. Ezek egy részét technológiai vagy rendeltetésből adódó okokból **ismert**nek tekintjük, a többit **változó**ként kezeljük.
- ▶ Az optimálási feladatokat legjobban a **változók alapján lehet csoportosítani**, kategorizálni.



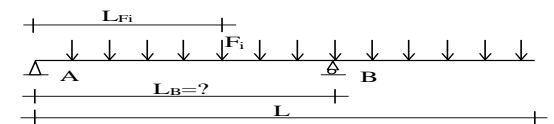
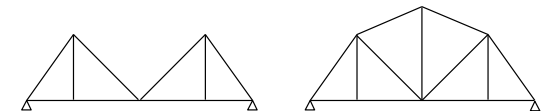
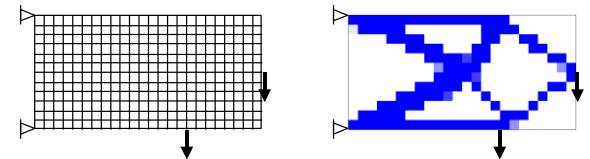
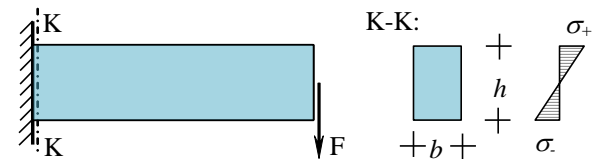
# Változók szerinti besorolás

## ▶ Matematikai szempontok alapján:

- ▶ folytonos
- ▶ diszkrét

## ▶ Mechanikai szempontok alapján:

- ▶ keresztmetszeti jellemzők:  $a, h, A, I$
- ▶ anyagjellemzők:  $E, \rho$
- ▶ topológiai vagy elrendezési paraméterek
- ▶ geometriai vagy alak paraméterek
- ▶ terhelési és megtámasztási paraméterek



# Feltételek / kényszerek

---

## ▶ Egyenlőségi feltételek

- ▶ állapotegyenlet

$$\mathbf{K}\mathbf{v} - \mathbf{q} = \mathbf{0}$$

- ▶ Egyensúlyi egyenletek

$$\mathbf{C}\mathbf{v} + \mathbf{G}\mathbf{s} - \mathbf{q} = \mathbf{0}$$

- ▶ Kompatibilitási egyenletek

$$\mathbf{G}^T \mathbf{v} + \langle \tilde{\mathbf{F}} \rangle \mathbf{s} + \mathbf{t} = \mathbf{0}$$

## ▶ Egyenlőtlenségi feltételek

- ▶ Tervezési változók határértékei
- ▶ Határértékek egyéb változókra: lokális vagy globális paraméterek, mint pl. feszültség, lehajlás vagy engedékenység

$$\mathbf{v}^T \mathbf{K}\mathbf{v} - C \leq 0$$





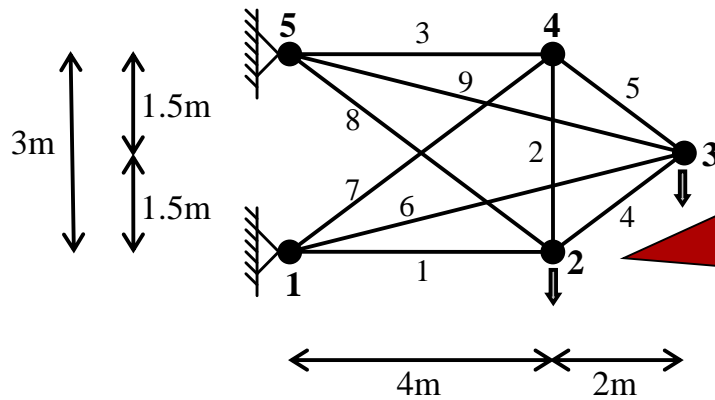
# Célfüggvény

---

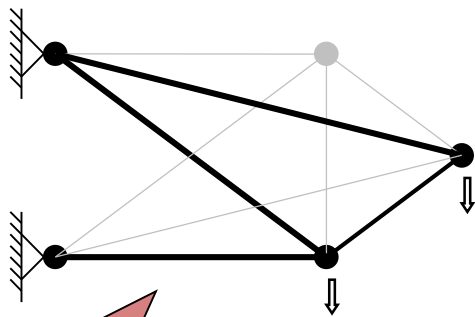
- ▶ Függvény melynek értékét az optimalás során minimaljuk vagy maximaljuk.
- ▶ Költség vagy egyéb kritérium alapján létrehozott függvény, mely **folytonos** a tervezési tér minden pontjában.
- ▶ **Alapvetően meghatározza az optimum helyét.** Az alakváltozásokra vagy belső erőkre adott korlátozó feltételek csak kicsit befolyásolják azt.
- ▶ Általában csak egy célt fogalmaznak meg benne, de néha hasznos lehet ha **kettő vagy több cél is** összegződik.



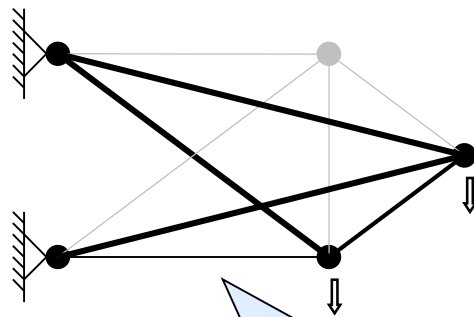
# Rácsos tartó optimalálása



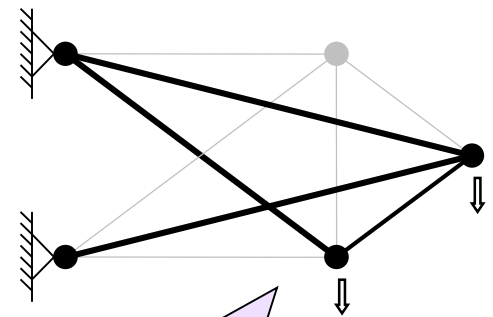
**$F_i = 400 \text{ kN}$**



**$-1335 \text{ kN} < S_i < 1335 \text{ kN}$**



**$-1360 \text{ kN} < S_i < 1360 \text{ kN}$**

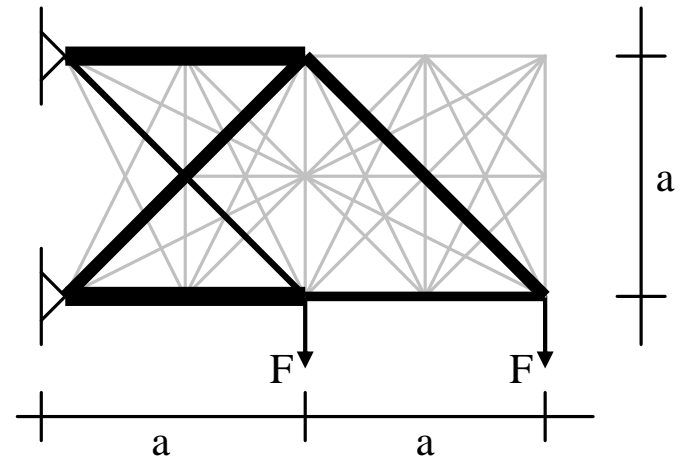
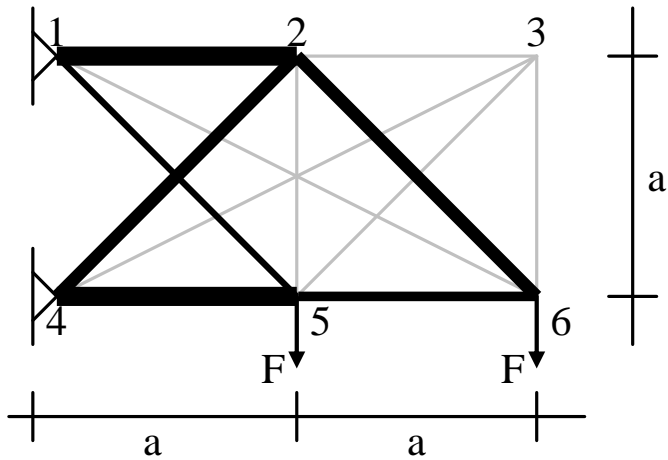
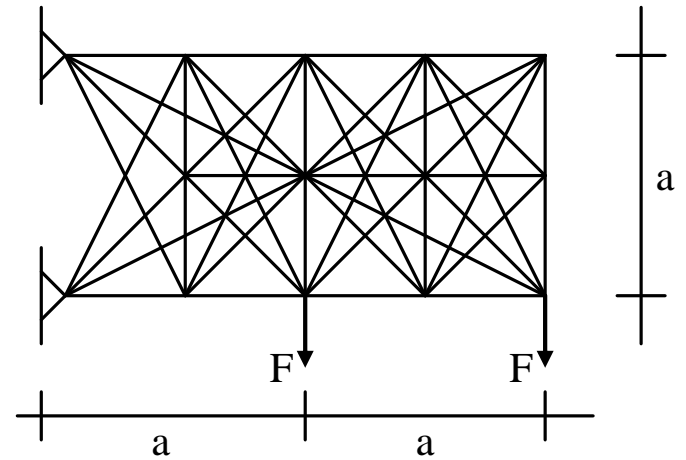
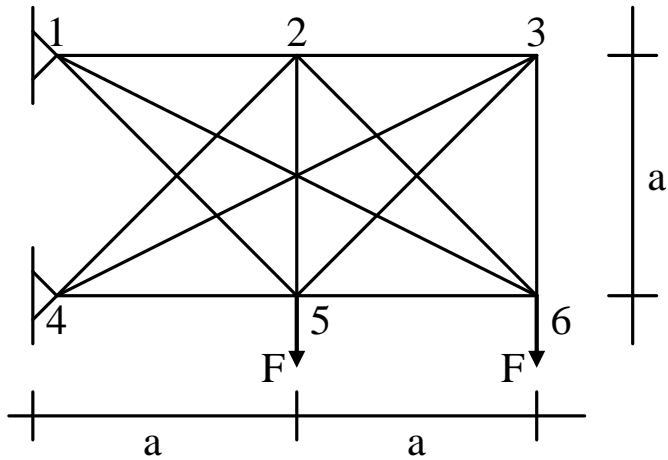


**$-1375 \text{ kN} < S_i < 1375 \text{ kN}$**

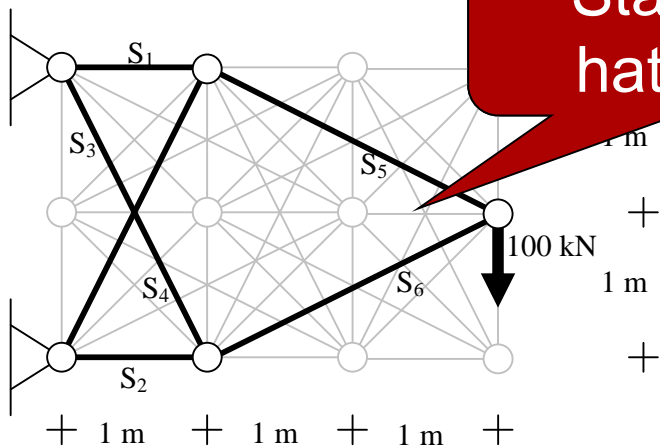
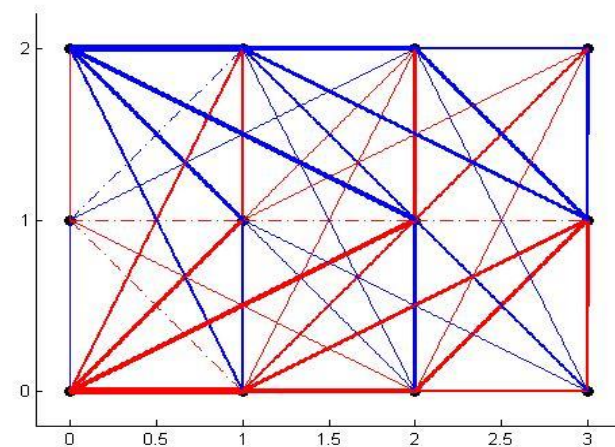
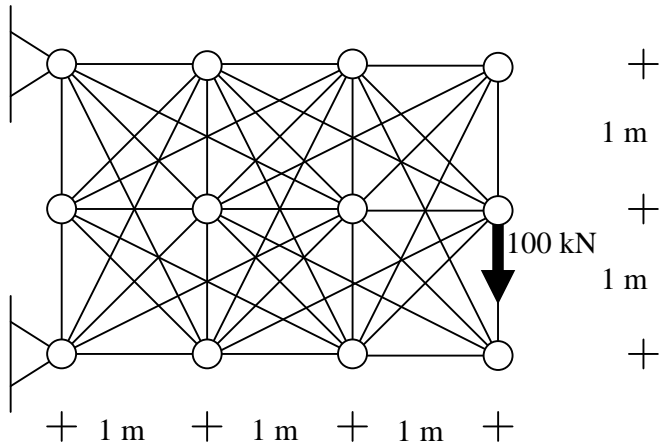


# Rácsos tartó optimalálása

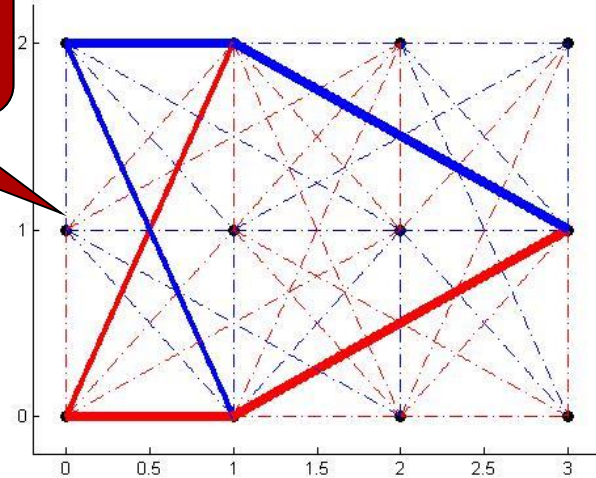
---



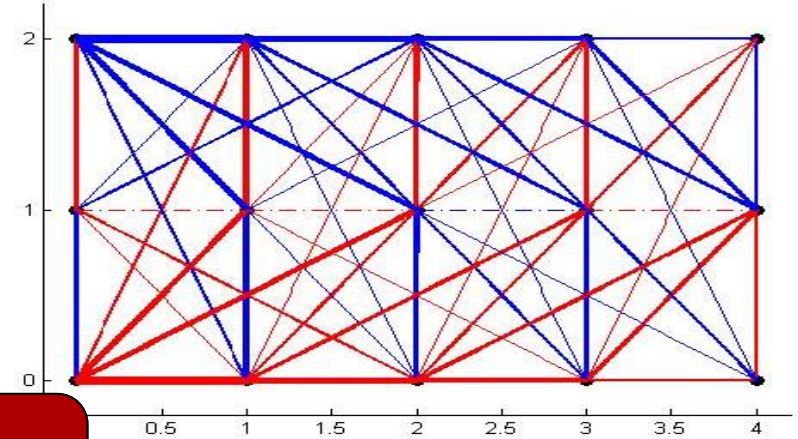
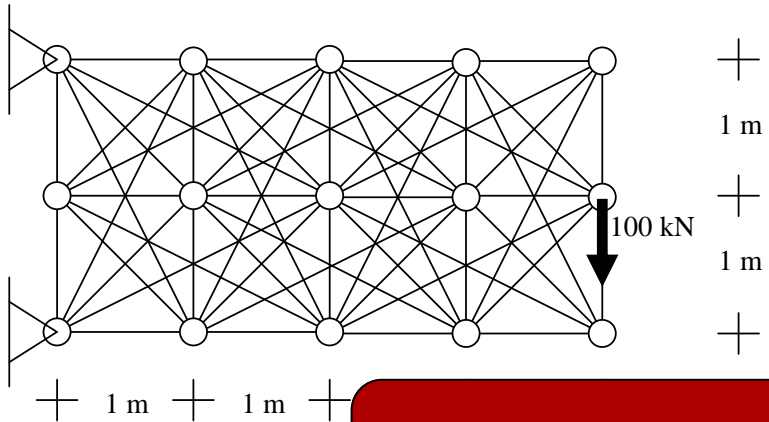
# Rácsos tartó optimalizálása



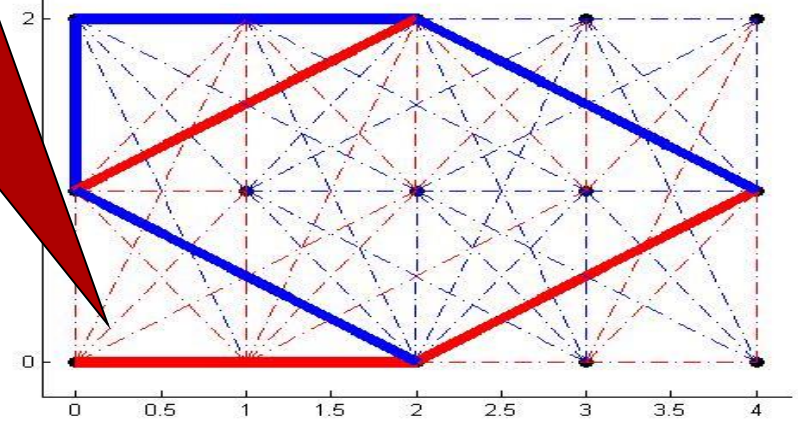
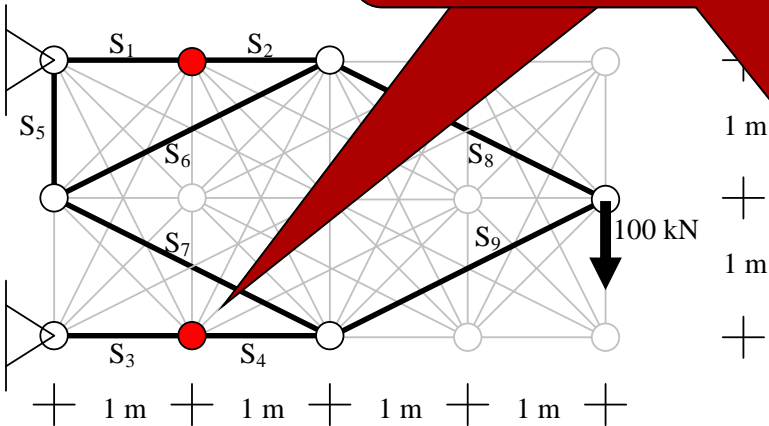
Statikailag határozott



# Rácsos tartó optimalálása

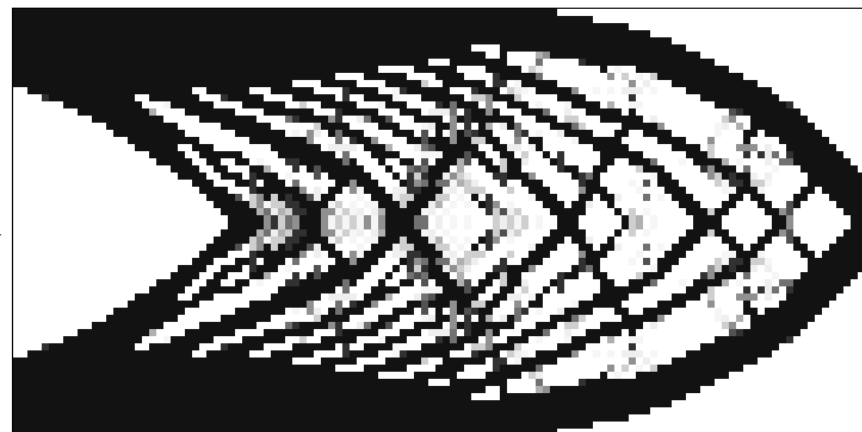
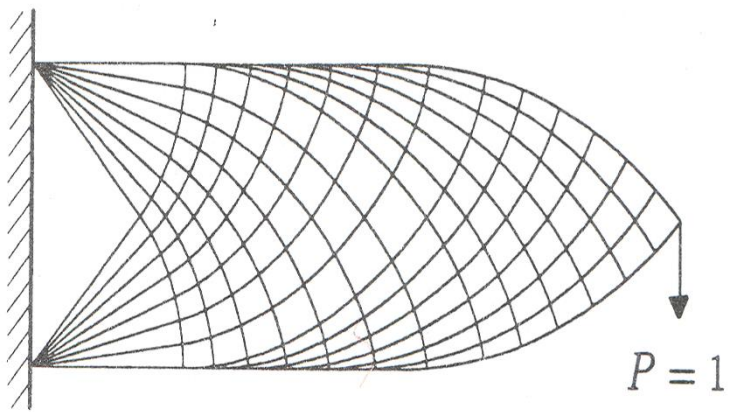
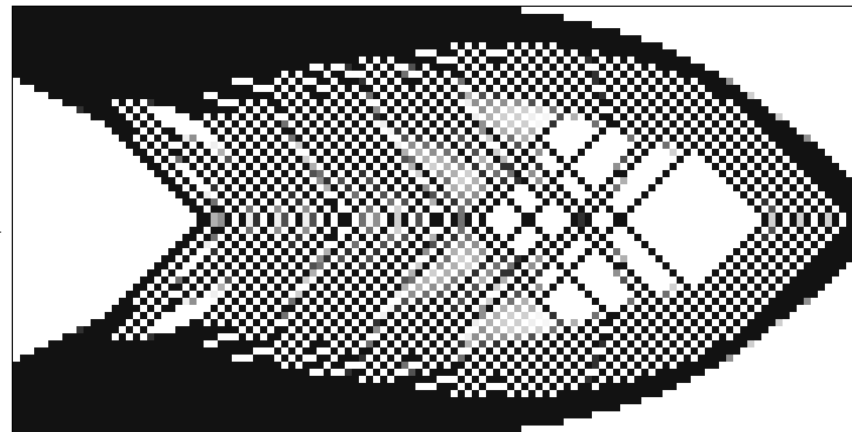
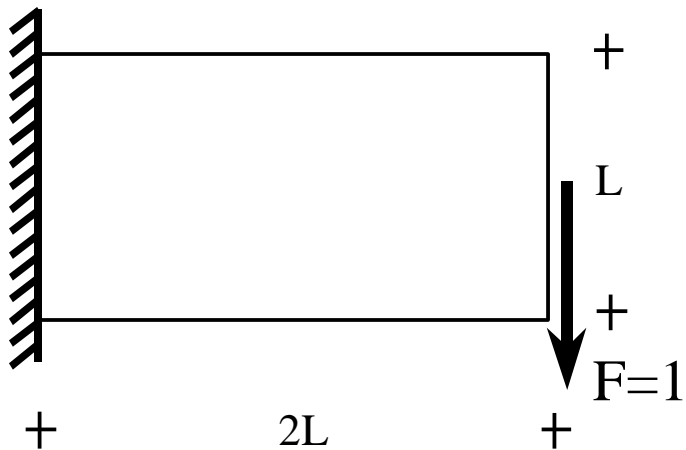


Statikailag határozatlan  
Stabilitási probléma



# Tárcsaszerkezet optimalálása

---



# Összefoglalás

---

- ▶ Sokféle szempont és nehézségi szint alapján áttekintettük a tartószerkezetek optimálási feladatait.
- ▶ Természetesen vannak még további szempontok is: pl. **lineáris programozás, nemlineáris programozás** és vannak a tényleges **programozási feladatok** is.
- ▶ A tervezési tér **konvexitása, a konvergencia és pontosság** kérdései.
- ▶ Látható, hogy a szerkezetek optimálása nagy matematikai, programozási és meghatározott vagy **intuitív mérnöki ismereteket** igényel mind a feladat megfogalmazásakor, mind a megoldás keresésében, mind a megoldást végző program szabályozásában.



# Irodalom

---

- ▶ H. Eschenauer, N. Olhoff, W. Schnell, "Applied Structural Mechanics, Fundamentals of Elasticity, Load-Bearing Structures, Structural Optimization", Springer 1997, pp. 301-306.
- ▶ Gáspár Zs., Rozványi Gy., Pomezanski V., „Tartószerkezetek optimális tervezése” *GÉP, A Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata*, LVI. évfolyam, 2005/2-3, pp. 80-83. (in Hungarian)
- ▶ Pomezanski V.: "Comparing the End-Results of the TNO and SIMP Methods of Topology Optimization". The Eleventh International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing in St. Julians, Malta, 18-21 September 2007. Short paper in Proceedings book by Civil-Comp Press, paper 35. ISBN 9778-1-905088-15-7. Long paper on Electronic proceedings by Civil-Comp Press CD-ROM ISBN 978-1-905088-16-4.
- ▶ Pomezanski V., Vásárhelyi A., Chevallier, D., „Analysis of Boundary Conditions of Structural Elements”. *Proceedings of First Conference on Mechanical Engineering*, Springer, May 28-29, 1998. Vol. 1, pp. 221-230. Eds: K. Molnár, Gy. Ziaja, G. Vörös.
- ▶ Hegenier G.A., Prager W.: On Michell Truss, *Int. J. Mech. Sci.*, 11, 1969, 209-215.
- ▶ Pomezanski V., „Topology Optimization of Trusses Modeled Similar to Truss-like Structures”. *The Ninth Internationale Conference on Computational Structures Technology* in Athens, Greece. 2-5 September 2008. (in progress).
- ▶ Csébfalvi A., Csébfalvi Gy. „A New Exterior Point Method for Optimal Truss Topology Design” *Sigma*, 1998. Vol. XXIX/1-2. pp. 53-61.
- ▶ Pomezanski V., „Changing Connections Between Structural Elements During an Optimization Process” *Journal of Computational and Applied Mechanics* Volume 5, No. 1. 2004. pp. 117-127, received November 6, 2002.
- ▶ Pomezanski V., "Corner Contact Penalty Functions in Plane and in Space", *Pollack Periodika, An International Journal for Engineering and Information Sciences*, Vol. 2. pp. 39-50. 2007.
- ▶ Rozvany, G.I.N.; Querin, O.M.; Gáspár Zs.; Pomezanski V., „Extended optimality in topology design”. *G. Rozvany (ed) Structural and Multidisciplinary Optimization*, Springer, Volume 24, Number3, September 2002. pp. 257-261.
- ▶ Pomezanski V., Querin O. M., Rozvany G. I. N., „CO-SIMP: extended SIMP algorithm with direct COrner COntact COntrol” *Structural and Multidisciplinary Optimization*, Springer, Volume 30, Number 2, 2004. pp. 396–399.

