

Dr. Jármai Károly
Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

DÖNTÉSTÁMOGATÓ PROGRAMRENDSZER IBM PC-RE, ALKALMAZÁS GAZDASÁGOS FÉMSZERKEZETEK MÉRTEZÉSÉRE

A történelem során az emberek már régóta alkalmaztak bizonyos rituális tevékenységeket, melyektől segítséget reméltek döntéseik meghozatalánál (csillagok állásának, madarak vonulásának megfigyelése, áldozatbemutatók, stb). Manapság a műszaki és üzleti döntéshozatalnál egy új és feltehetőleg jóval tudományosabb rituálét alkalmaznak: a számítógépek használatát.

1. ALGORITMUSOK

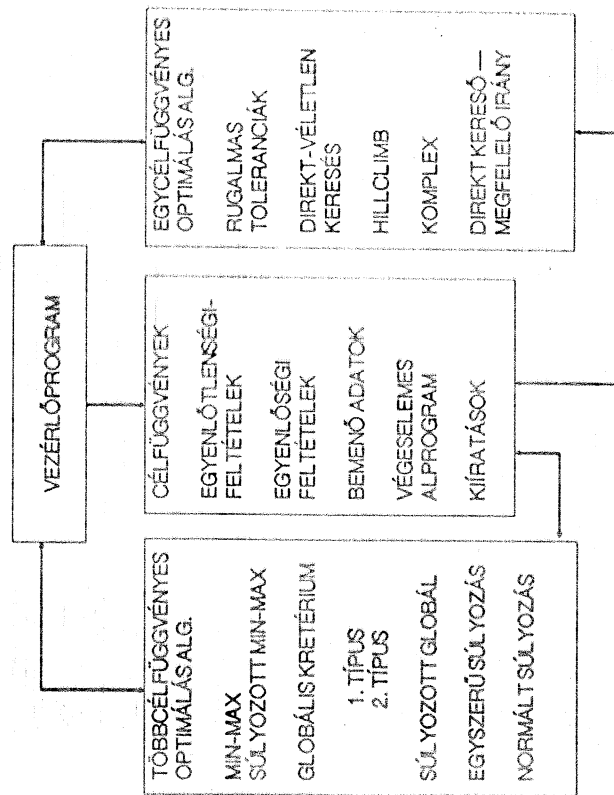
Az IBM PC számítógépre kidolgozott interaktív döntéstámogató programrendszer a következő fő részekből áll:

- vezérlőprogram
- egyélcélfüggvényes optimáló algoritmusok: 5 különböző
- többcélfüggvényes optimáló algoritmusok: 7 különféle
- célfüggvények, méretezési feltételek, adatbeviteli modulok, az esetleg szükséges végelelemes alprogramok

A programrendszer struktúrája az 1. ábrán látható.

A program összekapcsolja az egyélcélfüggvényes és a többcélfüggvényes optimálást [1]. Az alkalmazott öt különféle egyélcélfüggvényes optimáló algoritmus a következő:

- a rugalmas toleranciák módszere FT [2],
- a direkt-véletlen keresés módszere DRS [3],
- a hillclimb algoritmus [4,5],
- a complex algoritmus [6,7],
- a direkt kereső-megfelelő irány módszerét [8,9].



1. ábra

A programrendszer struktúrája

A hét többcélfüggvényes optimáló algoritmus:

- a min-max eljárás [10],
- a globális kritérium kétféle módszerét [11,1],
- a súlyozott min-max eljárást [12],
- az egyszerű súlyozás módszere,
- a normált súlyozás módszerét,
- a súlyozott globális kritérium módszere [13,14].

Az optimalizációs probléma matematikailag a következő alakú:

$$\text{célfüggvény } f_k(x_i) \rightarrow f_k(x_i) \quad k=1,2,\dots,K \quad i=1,2,\dots,N$$

nemlineáris egyenlőtlenségi feltételek

$$g_j(x_i) \geq 0 \quad j=1,2,\dots,M$$

nemlineáris egyenlőségi feltételek

$$h_j(x_i) = 0 \quad j=1,2,\dots,P$$

Itt az optimum az ún. Pareto-optimum, melyeknél igaz, hogy a változók halmazán nem csökkenthető szigorúan egyik célfüggvény értéke sem oly módon, hogy a többi célfüggvény értéke ne növekedjék.

2. ALKALMAZÁSOK

Négy egymástól jelentősen eltérő fémszerkezet gazdaságos méretezését végeztük el a probléma megfogalmazása, a cél meghatározása, a modellalkotás, az analízis, a szintézis, az értékelés elvonatkoztatásból, általánosításból, összehasonlításból álló lépései figyelembevételével. A négy szerkezet típus a következő:

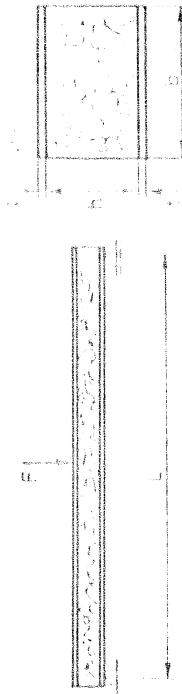
- műanyagbeton kitöltésű szendvicstartók méretezése,
- síkbeli csarnokkeret rugalmas méretezése,
- kétfőtartós futódaru aszimmetrikus szekrényszelvényű főtartóinak méretezése,
- profilos fedőrétegű szendvicstartók méretezése.

2.1. Gazdaságos műanyagbeton kitöltésű szendvicstartók méretezése

A tartó három rétegű, fém fedőlemezekből és műanyagbeton magrétegből áll. A tartó kéttámaszú, középen koncentrált erővel terhelt (2. ábra).

Öt célfüggvényt választunk, az első négynek a minimumát, az ötödiknek a maximumát keressük.

- műanyagbeton költsége (7 Ft/kg fajlagos költséggel),
- acél borítólemezek költsége (17 Ft/kg),
- felületelőkészítés költsége (216 Ft/m²)
- összköltség az előző három összegéből,
- a tartó hossza (mm).



2. ábra

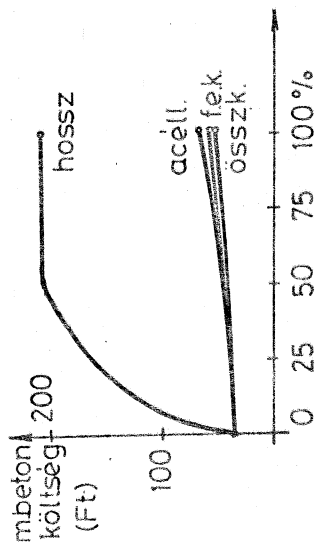
Az ötödik célfüggvényt mint mérnöki szempont akkor válik dominálóná, ha figyelembe vesszük a megtámasztás, alapozás költségeit is.

Méretezési feltételek:

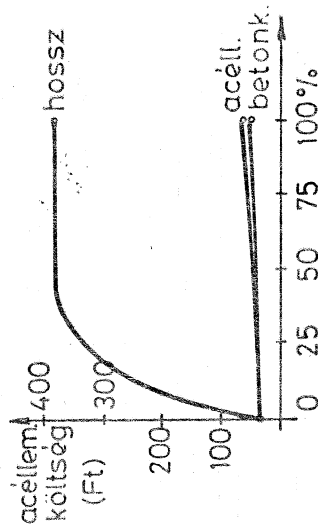
- normálfeszültség-korlátozás a fedőlemeznél,
- normálfeszültség-korlátozás a műanyagbeton rétegben,
- lehajláskorlátozás,
- nyírófeszültség-korlátozás a magrétegben,
- műanyagbeton vastagság-korlátozás,
- fedőlemez vastagság-korlátozás,
- tartó szélesség-korlátozás,

— tartóhossz-korlátozás.

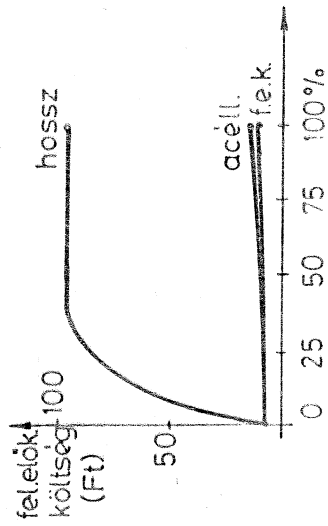
Változó méret tehát, a műanyagbeton az acéllemez vastagsága, a tartó szélessége, továbbá a tartó hossza. Az optimálás során a célfüggvények nagysága a főbb célfüggvény relatív fontossága függvényében a 3., 4., 5., 6. ábrákon láthatók. Természetesen a tartóhossz van a legnagyobb hatással a többi költségre.



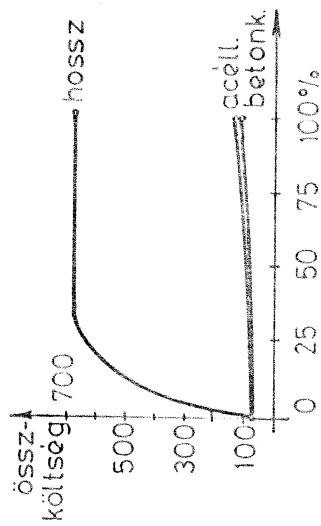
3. ábra



4. ábra

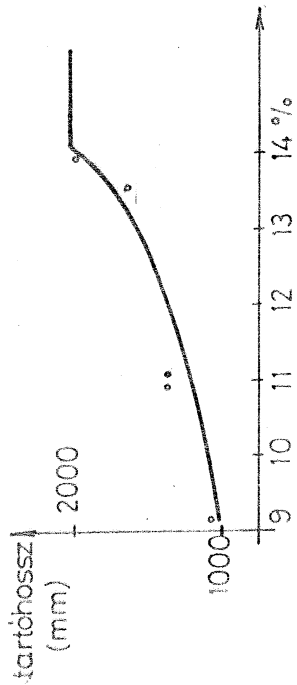


5. ábra



6. ábra

A 7. ábra mutatja, hogy a hosszhoz tartozó súlyozótényező milyen érték-tartományában megy át a hossz minimumból maximumba. Látható, hogy nagyon szűk ez a tartomány.



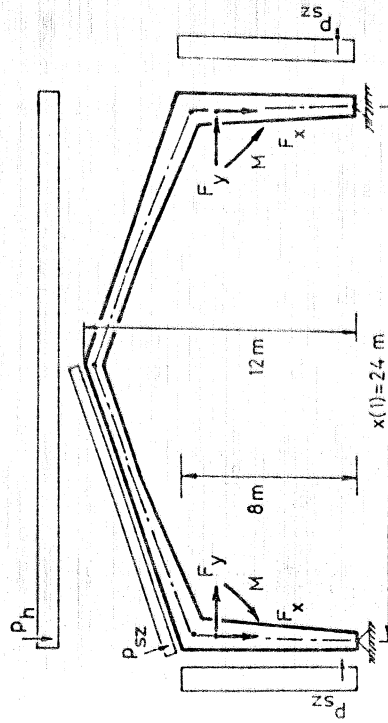
7. ábra

A statikus és dinamai mérésekkel hitelesített szerkezetleírással az optimális végigvitele után célként merült fel a konkrét gépszerkezetbe történő beépítés lehetősége. Egy 130 tonnás mozgóhidás preségnél a hídszerkezetet műanyagbeton kialakításúra készítettük el. Összehasonlítva a hegesztett acélszerkezeti kialakítású híddal, statikusan megfelelő volt, rezgés és zajcsökkentés szempontjából pedig kiváló hatást értünk el. A mérések és összehasonlítások részletes leírása [1]-ben található. További vizsgálatok szükségessé teszik a szerkezet viselkedésének feltárásához.

2.2 Síkbeli csarnokkeret rugalmas méretezése

A keret csuklós megtámasztású, síkbeli, egyhájas, daruzott sarokmerev keretváz. Az oszlopok és gerendák lineárisan változó gerincmagasságú és állandó övszélességű I-tartók. Az optimalálás során változó méretek az oszlopok gerincmagassága a csuklópontban és vállpontban, az oszlop gerincvastagsága, övszélessége és övvastagsága, továbbá a gerenda gerincmagassága a vállpontban és taréjpontban, a gerincvastagság. A tizedik változó a keret feszítávértéke.

Az optimalálás során változó geometriájú keret feszültség- és alakváltozás értékeit végelelemes alprogram illesztésével oldottuk meg [15]. A szerkezetet a 8. ábrán látható.



8. ábra

A terhelések az önsúlyból, a daruterhelésből, továbbá a meteorológiai hatásokból számíthatók.

Méretezési feltételek

- 1-2. gerincmagasság-korlátozás a csuklónál,
- 3-4. gerincmagasság-korlátozás az oszlopnál,
- 5-6. övszélesség-korlátozás az oszlopnál,
- 7-8. övvastagság-korlátozás az oszlopnál,
- 9-10. gerincmagasság-korlátozás az oszlopnál,
- 11-12. gerincmagasság-korlátozás a gerendánál a vállpontban,
- 13-14. gerincvastagság-korlátozás a gerendánál,

- 15-16. övstagság-korlátozás a gerendánál,
- 17-18. gerincmagasság-korlátozás a taréjpontban,
- 19-20. feszítáv-korlátozás,
21. feszültség-korlátozás a csuklónál,
22. feszültség-korlátozás az oszlopnál a vállpontban,
23. feszültség-korlátozás a gerendánál a vállpontban,
24. feszültség-korlátozás a gerendánál a taréjpont felé eső nyomatéki maximum helyén,
25. övhorpadás az oszlopnál a vállpontban,
26. övhorpadás a gerendánál a vállpontban,
27. gerinchorpadás a csuklópontnál,
28. gerinchorpadás az oszlopnál a vállpontban,
29. gerinchorpadás a gerendánál a vállpontban,
30. gerinchorpadás a gerendánál a taréjpont felé eső nyomatéki maximum helyén,
31. oszlop szelvény kifordulás a vállpontban,
32. gerenda szelvény kifordulás a vállpontban,
33. gerenda nyomott övlemez kifordulása,
34. vízszintes alakváltozás-korlátozás a vállpontban,
35. függőleges alakváltozás-korlátozás a taréjpontban.

A terheléseket az MSZ 15021 alapján, a feszültségi, lemezhorpadási feltételeket az MSZ 15024 alapján, a vállpontnál a kifordulási feltételeket a BS 5950 alapján írtuk fel.

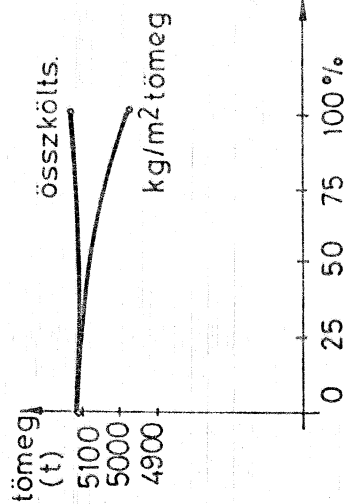
Az alapvető bemenő adatok:

| | |
|---|---------------------------|
| — anyagminőség | : 37 -es, |
| — vállpont magasság | : 8000 mm, |
| — taréjpont magasság | : 12000 mm, |
| — lineárisan változó gerenda hossza a válltól | : 6000 mm, |
| — keretállások távolsága | : 6000 mm, |
| — szelemenek távolsága | : 2000 mm, |
| — egyenletesen megosztó függőleges terhelés | : 0.4 KN/m ² , |
| — szélterhelés alakítványozói | : 0.8, 0.4, 0, -0.4, |
| — tengerszint feletti magasság | : 200 m. |

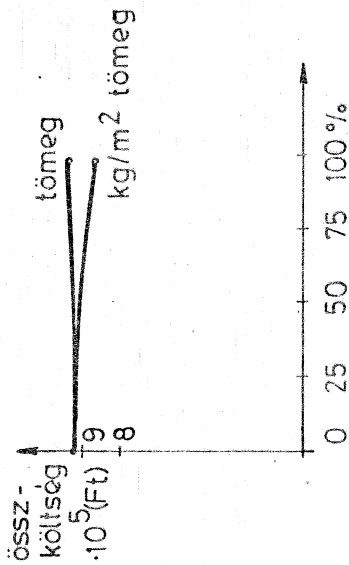
Célfüggvények a keret három fő jellemzőjét tekintjük:

- az egyhajós keret tömegminimuma,
- az 1 m²-re eső kerettömeg minimuma,
- a keret költsége, figyelembe véve az anyagköltséget (17 Ft/kg), a hegesztési költséget (54 Ft/kg), továbbá a felületelőkészítési költséget (108 Ft/m²).

Az optimálás eredményeit a 9-10. ábrák mutatják. Látható, hogy a keret költsége és a kerettömeg hatása egymásra kicsi. Az 1 m²-re jutó kerettömeg célfüggvénye esőkkenti kismértékben mind a keretköltséget, mind a kerettömeget.



9. ábra



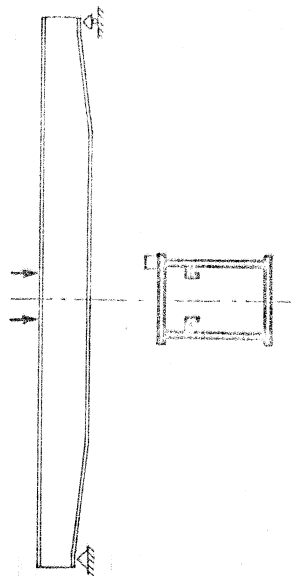
10. ábra

A tervezőnek lehetősége van sokféle költség, terhelés és geometriai változat gyors végigszámolása mellett a megalapozotti döntéshozatalra.

2.3 Kétfőtartós futódaru gazdaságos, aszimmetrikus szekrényszelvényű főtartóinak méretezése

Az aszimmetrikus kialakítású híd-főtartó gazdaságos méretezését öt változó, 22 feltétel és négy célfüggvény mellett valósítottuk meg. A méretezési feltételek a szerkezet feszültségére, az egyes lemeztárszek horpadására, a hegesztett kötések fáradására, továbbá a lehajlásra vonatkoztak az MSZ 9749 és MSZ 15024 előírásai alapján. A szelvény a 11. ábrán látható.

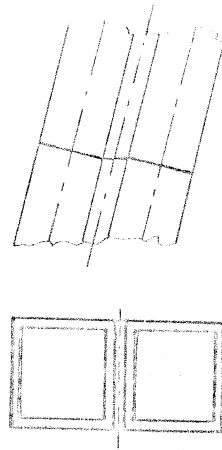
A célfüggvények a daruhíd tömege, a hegesztési, felületelőkészítési, továbbá az összköltségek voltak. A probléma részletes leírása [13]-ban található.



11. ábra

2.4 Profilos fedőrétegű szendvicstartók gazdaságos méretezése

A négyváltozós feladatot négy célfüggvény és 14 méretezési feltétel mellett oldottuk meg (12. ábra).



12. ábra

Méretési feltételként anyagköltségek, ragasztási költség és összköltség lett figyelembe véve. A méretelési feltetelek a feszültségre, horpadásra, lehajlásra valamint a tartó rezgéscsillapítására vonatkoztak. A méretelés részletes leírása [16]-ban található.

IRODALOM

- [1] Jármai, K.: Gazdaságos fém szerkezetek méretelzése. Kandidátusi értekezés. 1988. Miskolc. 187. old.
- [2] Himmelblau, D. M.: Applied nonlinear programming. McGraw Hill Book Co. 1971. New York.
- [3] Weissman, J.: MINIMAL, a combined optimization technique. Ph.D. dissertation, Univ. of Pittsburg, Pittsburg, PA. 1968.
- [4] Rosenbrock, H.H.: An automatic method for finding the greatest or least value of a function. Computer Journal. 1960. Vol. 3. pp. 175-184.
- [5] Bykovskii, S., Jármai, K.: Cost optimization of welded steel beams. Publ. of Techn. Univ. Series C. Machinery. 1987. Vol. 41. pp. 241-254.
- [6] Box, M.J.: A new method of constrained optimization and a comparison with other methods. Computer Journal. 1965. Vol. 8. pp. 42-52.
- [7] Jármai, K.: Optimal design of welded frames by complex programming method. Publ. of Techn. Univ. Series C. Mechanical engineering. 1982. Vol. 37. pp. 79-97.
- [8] Pappas, M.: An improved direct search numerical optimization procedure. Computers and Structures. 1980. Vol. 11. pp. 539-557.
- [9] Jármai, K.: Aplicado de programadoj metodoj de la optimuma dimensiomado de metalaj strukturoj. Interkomputo '82 konf. Budapest. 1982. pp. 158-173.
- [10] Jutler, H.: Linejnaja model's neskol'kimi celevymi funkceja mi. Ekonomika i matematicheskie metody. 1967. Vol. 3. No. 3. pp. 397-406.
- [11] Koski, J.: Multicriteria optimization in structural design. Proc. of Int. Symp. on Optimum Struct. Design. Univ. of Arizona. Tucson. Arizona. 1981.

- [12] Osyczka, A.: Multicriterion optimization in engineering. Ellis Horwood Limited. Chichester. 1984.
- [13] Jármai, K.: Interaktív döntéshozatali programrendszer gazdaságos fém szerkezetek méretelzésére, alkalmazás futódaru hidhoz. 1988. GÉP, Vol. XL. No. 8. 308-315. old.
- [14] Jármai, K.: Single- and multicriteria optimization as a tool of decision support system. Computers in Industry, 1989. 7p. (under publication)
- [15] Jármai, K.: Gazdaságos síkbeli daruzott kerekszerkezet rugalmas méretelzése. 1988. GÉP, Vol. XL. No. 11. 420-426. old.
- [16] Jármai, K.: Application of decision support system on sandich beams, verified by experiments. Computers in Industry, 1989. 7p. (under publication)