



A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA

1988

AUGUSZTUS

● BUDAPEST ●

281—320. OLDAL

XL. ÉVFOLYAM

8

Interaktív döntésségi programrendszer gazdaságos fémszerkezetek méretezésére, alkalmazás futódaruhídhöz

DR. J Á R M A I K Á R O L Y*

A cikk IBM PC/AT számítógépen, FORTRAN 77 nyelven készült interaktív döntésségi programrendszert ismerteti, amely több egyélcélű és többcélű függvényes optimálási algoritmus összekapcsolásával valósítja meg, különféle költség tényezők mellett, az egyes szempontok szerinti optimális szerkezetméretek meghatározását. A programrendszer alkalmazhatóságát kétfőtartós, aszimmetrikus szekrényszelvényű futódaruhíd méretezése kapcsán mutatja be. Foglalkozik a növelt folyáshatárú acélok alkalmazásával.

Napjainkban fokozódó igény jelentkezik a termelés racionalizálása, az adott ismeretszint mellett gazdaságossá tétele terén. A szervezési, irányítási, technológiai, értékesítési stb. területek mellett a szerkezettervezés fejlettsége meghatározó szerepet játszik.

A szerkezettervezés területén az anyag- és energia-takarékosságra, a tervezés megbízhatóságára és időigényének csökkentésére irányuló törekvések jelentősen befolyásolják a termék gazdaságosságát, versenyképességét.

Az optimalás azt jelenti, hogy a lehető legjobb eredményt érjük el adott körülmények között. Az optimális méretezés módszerei a gazdaságos szerkezetek méretezésének hatékony eszközei, amikor különböző költség tényezők mellett történik az optimalás, vagyis a célfüggvények a szerkezet költség tényezőiből tevődnek össze. Általában a gazdaságos szerkezetet minimális költség, illetve tömeg jellemzi vagy bármely más jellemző, amit a tervező fontosnak tart (például: gyártási idő stb.).

A gazdaságos szerkezetméretezés műveleti struktúrája

A méretezés során az interaktív döntésségi programrendszer a gazdaságos szerkezetméretezés kidolgozott műveleti struktúrájába illesztve került felhasználásra.

A gazdaságos szerkezetek méretezésének folyamata több fázisra tagolható. Az egyes fázisoktól lényegesen függ a méretezés során adódó szerkezet. A gazdaságos szerkezetméretezés nyolc fő fázison keresztül került megvalósításra (1. ábra).

A probléma megfogalmazása

Nagyon fontos az elején megfogalmazni magát a feladatot, hogy milyen körülmények között tudjuk, illetve kívánjuk megvalósítani. Már itt felmerülnek különféle alternatívák: pl. egy présgépet hegesztett lemezszerkezetűre vagy műanyag beton kitöltésűre kívánunk kialakítani.

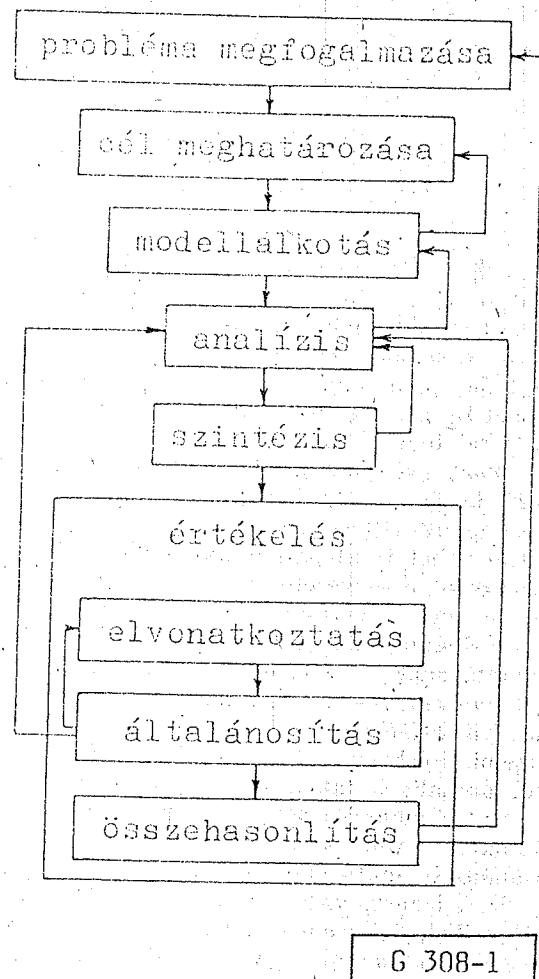
A cél meghatározása

Legkézenfekvőbb és legáltalánosabb cél: gazdaságos szerkezet kialakítása. Itt mint célfüggvény lehet a szerkezet tömege, költsége, térfogata (pl. tartály, siló) stb. A költségben szerepelhet

anyagköltség, hegesztés, ragasztási, felületelőkészítési, gyártási költség az átfutás idejével stb.

Modellalkotás

Ennek során az előző két pontnak megfelelően modell, vagyis szerkezet típus, kerül kialakításra. Például a vizsgált szerkezet lehet tömör tartó, rácsostartó, lemez- vagy héjszerkezet különféle peremfeltételekkel és mechanikai jellemzőkkel (futódaruhídnál a gátolt csavarás figyelembevétele). Meghatározó jelentősége van az analízis fázisra.



G 308-1

* Nehézipari Műszaki Egyetem Szállítóberendezések Tanszéke.

1. ábra. A gazdaságos szerkezetméretezés műveleti struktúrája

Analízis

Az adott modell esetén a rendelkezésre álló ismeretek alapján a mechanikai vagy adott esetben technológiai jellemzők meghatározása: feszültség, stabilitás, alakváltozás, sajátfrekvencia, rezgés-csillapítás stb. Ha nem áll rendelkezésre megfelelő analitikus, vagy numerikus számítási lehetőség, akkor kísérletekkel kell megalapozni az analitikus vizsgálatot. Vagyis az analitikus vizsgálatok a szerkezet részterületeken mutatott viselkedését tisztázzák.

Szintézis

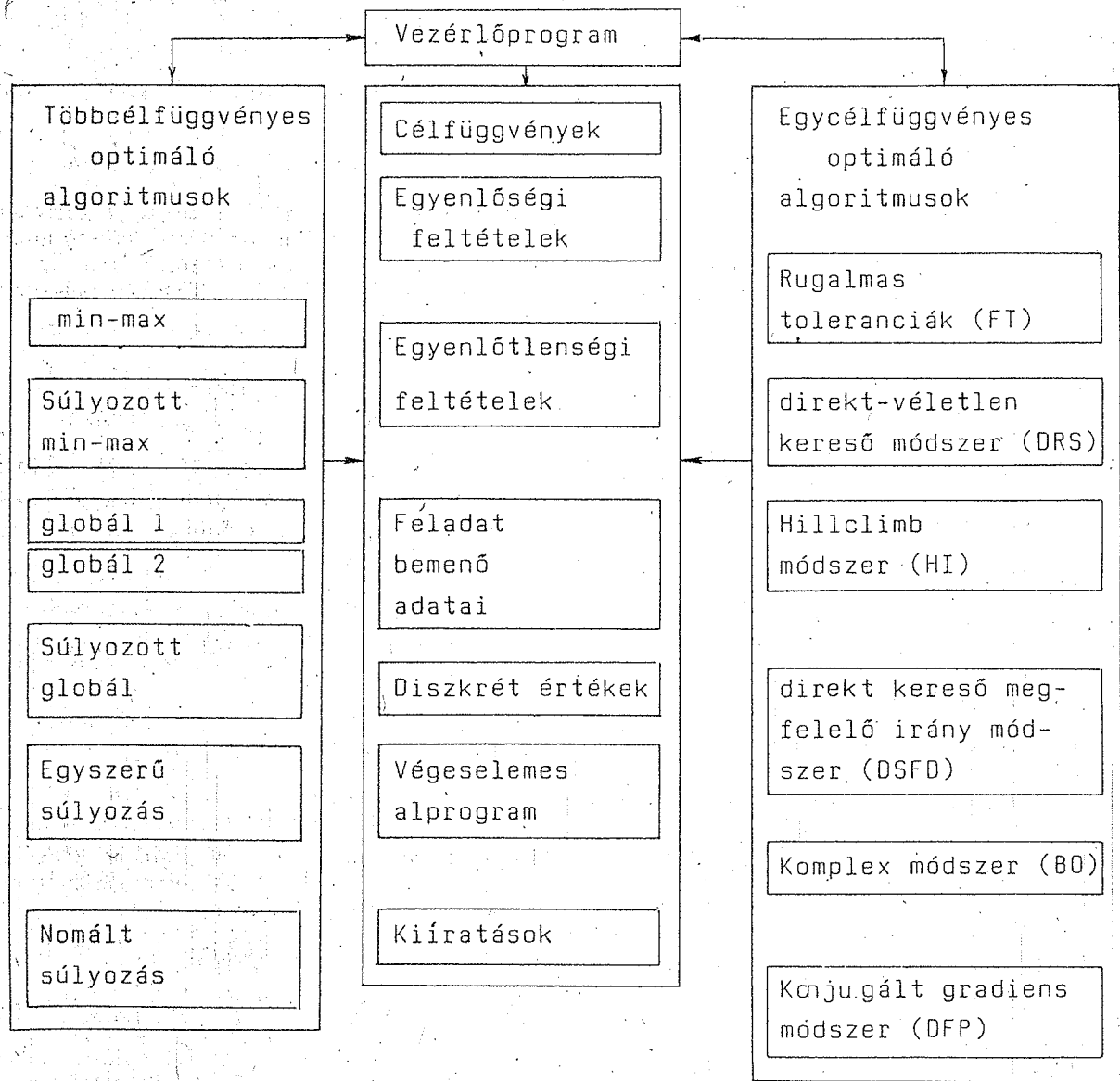
Helyreállítja az analízis által széttagolt egészet, kimutatja az analízis által feltárt elemek lényeges

összefüggéseit, viszonyait. Az analízis fázisban kialakult méretezési feltételeket és célfüggvényeket rendszerbe foglalja. Az analízis és a szintézis szoros összefüggésben van egymással.

Az értékelés folyamata három fő fázisból áll.

Elvonatkozás

A szerkezet leglényegesebb tulajdonságai kiemelése a lényegesnek a lényegtelenről elkülönítése. Például szendvicsszerkezeteknél, vagy műanyag beton kitöltésű konstrukcióknál a szerkezet költsége nagy, ha azonban fontos a szerkezet jó rezgés-csillapítása és kisebb zaja (mellyel a szerkezet, a kapcsolódó szerkezeti elemek nagyobb élettartama is járhat), ez a szempont háttérbe szorítja a költséget.



G 308-2

2. ábra. Az interaktív döntésszolgáltató programrendszer felépítése

Általánosítás

Ez szoros kapcsolatban van az elvonatkoztatás fázisával, a lényeges és lényegtelen jegyek bemutatása mellett a lényeges kiemelését végzi el, például milyen feltételek mellett lehet hatékony rezgés-csillapítást biztosítani, rétegezett szerkezetek alkalmazásával. Az elvonatkoztatás és általánosítás fázis szorosan összekapcsolódik, sokszor nem is választható szét.

Összehasonlítás

Ez jelenti a döntéselőkészítési folyamat egy fő fázisát. Az összehasonlítás két alapformában, az egybevetés és a szembeállítás formájában valósul meg. Az interaktív döntésszámítógépes programrendszer révén kapott optimális szerkezetek halmazából a tervezőnek kell kiválasztania ilyen módon a neki legmegfelelőbbet.

A gazdaságos szerkezetméretezés előbb felvázolt műveleti struktúrája lehetőséget ad a szerkezetméretezés átgondoltabb végigvitelére, rendszerezettebbé tételére.

Interaktív döntésszámítógépes programrendszer

Az IBM PC/AT számítógépre kidolgozott programrendszer alkalmas a műszaki gyakorlatban előforduló:

$$f_i(\bar{x}) \rightarrow \text{optimum } i=1,2,\dots,P \quad (1)$$
$$x \in X$$

$$g_j(\bar{x}) \geq 0 \quad j=1,2,\dots,M \quad (2)$$

$$h_e(\bar{x}) = 0 \quad e=1,2,\dots,L \quad (3)$$

típusú feltételes szélsőértékfeladatok megoldására, ahol:

$f_i(\bar{x})$ — a célfüggvények vektora,

$g_j(\bar{x})$ — az egyenlőtlenségi feltételek,

$h_e(\bar{x})$ — az egyenlőségi feltételek,

\bar{x} — a változók vektora,

X — a megengedett tartomány.

Egycélű optimálásakor az optimum a célfüggvénynek a megengedett tartományon felvehető szélsőértékét jelenti, többcélű optimálásakor az optimum ún. Pareto-optimum, amelynek egyik célfüggvény értéke sem csökkenthető szigorúan úgy, hogy a többi értéke ne növekedjen. A megoldás legtöbbször nemcsak egy pontból áll, hanem bizonyos tulajdonságú pontok együttese.

A programrendszer összekapcsolja tehát az egycélű optimálás és a többcélű optimálás témakörével. Hat különféle egycélű optimálást végző algoritmus került beépítésre:

- rugalmas toleranciák módszere (FT) [1],
- direkt—véletlen keresés módszere (DRS) [2],
- direkt kereső—megfelelő irány módszere (DSFD) [3, 4],

- a Hillelimb algoritmus (HI) [5, 6],
- a Komplex algoritmus (BO) [7, 8],
- a Davidon—Fletcher—Powell-féle algoritmus (DFP) [9].

Az algoritmusok úgy lettek kialakítva, hogy ugyanazon célfüggvény- és feltételrendszert kezelik. A tervezőnek lehetősége van a program futása során másik algoritmusra áttérni, vizsgálva ezzel az eredmény megbízhatóságát, illetve az algoritmus hatékonyságát az adott feladatra.

A programrendszerben a többcélű optimálást hét különféle algoritmussal lehet elvégezni:

- min-max eljárás,
- súlyozott min-max eljárás,
- a globális kritérium módszere (1. típus),
- a globális kritérium módszere (2. típus),
- súlyozott globális kritérium módszere,
- egyszerű súlyozás,
- normált súlyozás,

továbbá lehetőség van szukcesszív optimálás jellegű számítás elvégzésére.

A min-max eljárás

Az eljárás összehasonlítja a relatív eltéréseket az egyes célfüggvényeknél önállóan elérhető minimumoktól (ideális minimum f^0 -tól).

A relatív eltérés a k -adik célfüggvénynél a következő:

$$z_k' = \frac{|f_k(\bar{x}) - f_k^0|}{|f_k^0|}; \quad z_k''(\bar{x}) = \frac{|f_k(\bar{x}) - f_k^0|}{|f_k(\bar{x})|}$$

Definiálva a $z_k(\bar{x}) = \max\{z_k'(\bar{x}), z_k''(\bar{x})\}$ vektort, a maximális eltérésekből a minimálist adó pontot kiválasztva adódik a legjobb kompromisszumos megoldás.

A súlyozott min-max eljárás

A relatív eltérések súlyozott értékeit veszi figyelembe a számításnál.

$$z_k(\bar{x}) = \max\{w_k z_k'(\bar{x}), w_k z_k''(\bar{x})\}, \quad \sum_k w_k = 1$$

A globális kritérium módszere

A függvénynek, amely a globális kritériumot jelenti, az a mértéke, hogy milyen közel van az ideális megoldás vektorához, f^0 -hoz.

A függvény szokásos alakja:

$$f(\bar{x}) = \sum_{i=1}^k \left(\frac{f_i^0 - f_i(\bar{x})}{f_i^0} \right)^P \quad P=1,2,3,\dots$$

P értékétől függően a keresésnél első-, másod- vagy magasabb rangú függvényeket alkalmazunk. Ez a 1. típus.

Bármely olyan függvény, amely az ideális megoldáshoz való közelséget javítja, elfogadható globális függvényként.

$$L_p(f) = \left[\sum_{i=1}^k |f_i^0 - f_i(x)|^p \right]^{1/p} \quad 1 \leq p \leq \infty$$

Ezt dolgoztuk ki 2. típusként.

Súlyozott globális kritérium módszere

A relatív eltérés összefüggése került átalakításra oly módon, hogy P értékére kettőt véve az összefüggés az euklideszi távolság súlyozását teszi lehetővé:

$$L_p(f) = \left[\sum_{i=1}^k w_i \left| \frac{f_i^0 - f_i(x)}{f_i^0} \right|^2 \right]^{1/2} \quad \sum_i w_i = 1$$

Az egyszerű súlyozás módszere

A módszer lényege, hogy összegzi az egyes cél-függvényeket különböző súlyozó tényezők felhasználásával:

$$f(x) = \sum_{i=1}^k w_i f_i(x); \quad w_i \geq 0$$

A súlyozó tényezőknek jelentős hatása lehet az optimumra, amely csökken, ha a cél-függvények értéke nominálisan jelentősen eltér.

Normált súlyozás módszere

Az előbb említett hátrány kiküszöbölhető, ha a cél-függvényeket a következő módon transzformáljuk:

$$f(x) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot \frac{f_i(x)}{f_i^0}; \quad \sum_i w_i = 1$$

Szukcesszív optimálás módszere

Egycél-függvényes optimálásokat hajtunk végre a cél-függvények fontossági sorrendjében úgy, hogy a megengedett tartomány egyre szűkül.

A programrendszerben az algoritmusok úgy vannak kialakítva, hogy alkalmasak minimum- vagy maximumkeresésre, továbbá vegyes többcél-függvényes optimálásra is, amikor a cél-függvények egy részénél minimumot, más részénél maximumot keresünk. A programrendszer felépítését az 2. ábra mutatja.

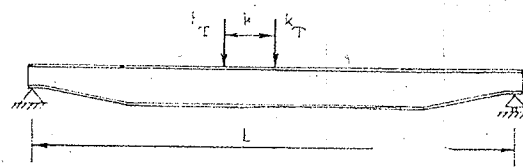
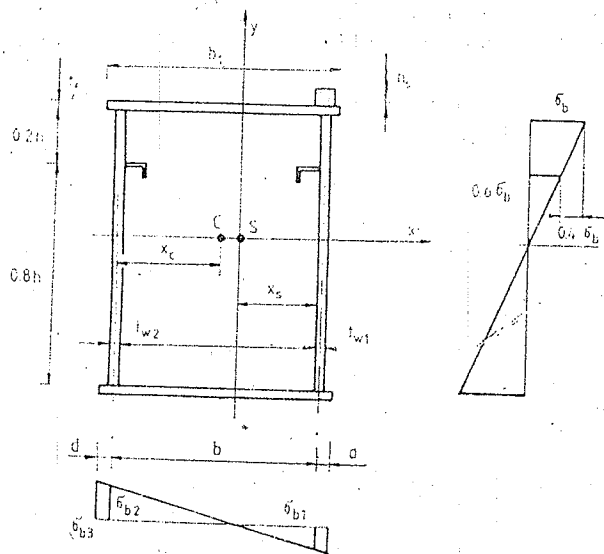
A programrendszer az eredmények meghatározása során előre megadott diszkrét értéksorokat (járatos méreteket) használ, így közelebb kerül a szerkezet a legyárthatósághoz [10, 11].

Kétfőtartós futódaru gazdaságos szekrény-szelvényű főtartóinak méretezése

A probléma megfogalmazása: kétfőtartós, aszimmetrikus szekrény-szelvényű futódarunál a főbb geometriai méretek, az anyagjellemzők és a terhelés ismeretében kidolgozandó a gazdaságos szerkezetméretezés.

A cél meghatározása: a daruhíd költsége minimális legyen, figyelembe véve az anyagköltséget, a hegesztési költséget, a festési, felületkészítési költséget. A cél-függvények a következők:

GÉP XL. évfolyam, 1988. 8. szám. Augusztus



G 308-3

3. ábra. A kétfőtartós futódaru metszete

1. daruhíd tömege,
2. hegesztési költség,
3. felületelőkészítési, festési költség,
4. összköltség.

A fajlagos anyagköltség: $k_a = 17$ Ft/kg 37-es acélnál, a fajlagos hegesztési költség $k_h = 54$ Ft/kg, a fajlagos felületelőkészítési költség $k_f = 108$ Ft/m², amely értékek természetesen változtathatók.

Modellalkotás

Kéttámaszú, bordázott, hegesztett szekrény-szelvényű tartó, melynél függőleges megoszló terhelés adódik a híd önsúlyából, a kezelőjárda, sín folyómétertömegéből, koncentrált erő a teher és a futómacska tömegéből, valamint a daruhídmozgató gépészet tömegéből. Vízszintes terhelés adódik a hídgyorsításból, a futómacska fékezéséből valamint szabadtéri darun a szélterhelésből. A szélvénynél a gátolt csavarás hatását elhanyagoljuk. A szerkezet a rugalmas alakváltozás zónájában van.

Analízis

A 3. ábrának megfelelően változók a gerincmagasság, a két gerincvastagság, az övlemezszélesség és -vastagság, tehát ezen öt ismeretlennel kell felírni a feszültségkorlátozási, az övlemezhorpadási, fő- és segédgerinchorpadási feltételeket főtérhelés és össztérhelés esetén, a fáradási és lehajláskorlátozási feltételeket. A méretezési feltételek egyenlőtlenségi és nemlineáris feltételek.

Meghatározva a különféle terheléseket az MSZ 9749 alapján, a feszültségkorlátozási feltételek a következők:

— Statikus feszültségellenőrzés főterhelésre

$$\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_Y^2 - \sigma_a \sigma_Y + 3(\tau_Q + \tau_t)^2} \leq 1,1 \sigma_m \begin{cases} 1,1 \cdot 160 \text{ MPa (37-es)} \\ 1,1 \cdot 240 \text{ MPa (52-es)} \end{cases}$$

ahol

hajlításból

$$\sigma_a = \frac{M_x}{I_x} \left(\frac{h}{2} + \frac{t_f}{2} \right) + \frac{M_y}{I_y} x_s$$

keréknyomásból

$$\sigma_Y = \frac{F_r}{t_{w1} \cdot s}; \quad s = 50 + 2(h_s + t_f - 5)$$

nyírásból

$$\tau_Q = \frac{F_r S_x}{I_x(t_{w1} + t_{w2})}; \quad S_x = \frac{b}{2} t_f \frac{h}{2}$$

csavarásból

$$\tau_t = \frac{M_t}{2 A_k t_{w1}}; \quad A_k = h \cdot b; \quad M_t = \frac{b - x_c}{2} F_r$$

M_x, M_y hajlítónyomaték két irányban, F_r a keréknyomás értéke

— Statikus feszültségellenőrzés összterhelésre

$$\sqrt{\sigma_{\alpha\beta}^2 + \sigma_Y^2 - \sigma_{\alpha\beta} \sigma_Y + 3(\tau_Q + \tau_t)^2} \leq 1,1 \sigma_{m\alpha\beta} \begin{cases} 1,1 \cdot 180 \text{ MPa (37-es)} \\ 1,1 \cdot 270 \text{ MPa (52-es)} \end{cases}$$

A $\sigma_{\alpha\beta}$ a kétirányú hajlításon kívül még a szélterhelésből származó feszültséget is tartalmazza,

$$k_r = \frac{\sqrt{(\sigma_A + \sigma_B)^2 + \sigma_Y - \sigma_Y(\sigma_A + \sigma_B) + 3(\tau_Q + \tau_t)^2}}{\frac{\sigma_A}{2k_A} + \frac{\sigma_Y}{2k_Y} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_A}{2k_A} + \frac{\sigma_Y}{2k_Y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_B}{k_B}\right)^2 + \left(\frac{\tau_Q + \tau_t}{k_\tau}\right)^2}}$$

$$k_Y = \frac{2,55 + \frac{1,26}{\alpha_2^4}}{1 + 0,5 \left(1 - \frac{h/5}{h}\right)}; \quad \alpha_2 = \frac{a_d}{h/5}$$

a_d a diafragma távolság,

σ_A, σ_B az átlagos nyomásfeszültség és a tiszta hajlításból adódó feszültség, a horpadási tényezők, k_A, k_B, k_τ az MSZ 15024-nek megfelelően adódnak. Vizsgálni kell a segédgerinc horpadását is, ahol nincs keréknyomás és vékonyabb a főgerincnél.

Külön vizsgálatot igényel a hajlított, nyomott és nyírt övlemez horpadása, továbbá a túlnyomóan nyomásra igénybevett övlemez horpadása. Fontos megvizsgálni az alkalmazott merevítőbordát, hogy kellő merevségű-e (TGL 13503/2 alapján).

A szükséges bordainercia

$$I = 0,092 \gamma^* h t_{w1}^3$$

ahol hajlítás, nyírás és keréknyomás esetén

$$\gamma^* = \gamma_1^* \frac{\vartheta_1}{\vartheta_1} + \gamma_2^* \frac{\vartheta_2}{\vartheta_2} + \gamma_3^* \frac{\vartheta_3}{\vartheta_3}$$

amely összefüggésben a γ_i^* értékek a geometriai viszonyokból, a $\vartheta_i, \bar{\vartheta}_i$ a tényleges és a megengedett feszültségarányokból adódnak.

— statikus feszültségellenőrzés rendkívüli terhelésre

$$\sqrt{\sigma_{ar}^2 + \sigma_Y^2 - \sigma_{ar} \sigma_Y + 3(\tau_Q + \tau_t)^2} \leq 1,1 \sigma_{mr} \begin{cases} 1,1 \cdot 180 \text{ MPa (37-es)} \\ 1,1 \cdot 270 \text{ MPa (52-es)} \end{cases}$$

ennél a terhelésnél a daru üzemen kívül van, a szélterhelés extrém nagy.

A gerinclemez merevítőbordával lehet ellátva (3. ábra), ekkor külön kell vizsgálni a felső és alsó lemezmező stabilitását, magának a merevítőnek a merevségét.

— A főgerinc felső 1/5 mezejének horpadásvizsgálata

$$\sigma_1 \leq 1,1 \varphi_b \sigma_m$$

az MSZ 15024 szerint

ahol

$$\lambda_0 = \frac{3,3}{\sqrt{k_r}} \frac{h/5}{t_{w1}}; \quad \bar{\lambda}_0 = \frac{\lambda_0}{\lambda_E}$$

$\lambda_E = 93,01$ (37-es)

$\lambda_E = 75,68$ (52-es acél esetén)

ha $\bar{\lambda}_0 \leq 0,85$ akkor $\varphi_b = 1$

$$0,85 < \bar{\lambda}_0 \leq 1,12 \quad \varphi_b = 1 - 0,74(\bar{\lambda}_0 - 0,85)$$

$$\bar{\lambda}_0 > 1,12 \quad \varphi_b = \frac{1}{\bar{\lambda}_0^2}$$

a keréknyomás figyelembevételével a TGL 13502/2 szerint a redukált horpadási tényező

— Fáradásvizsgálat az MSZ 15024 alapján meghatározva a fárasztó teher üzemi értékét a teherismétlődési szám, illetve a teher nagyság szerinti eloszlása alapján tompa- és sarokvarrat esetén az egyes feszültségkomponensnek kisebbnek kell lenni, mint a megadott fáradási határfeszültség értéke. Például II. osztályú varrat esetén a húzófeszültség értéke $\sigma_{II} \leq 78 \text{ MPa}$.

— Lehajláskorlátozási feltétel

$$w_{\max} \leq w_m = C_m L; \quad C_m \sim \frac{1}{600} - \frac{1}{1000}$$

ahol

$$w_{\max} = F_r \frac{L-k}{48EI} [3L^2 - (L-k)^2]$$

— k a macska keréktávolsága.

A méretezési feltételek összefoglalása számszerűleg.

1. feszültségkorlátozás főterhelésnél,
2. övlemezhorpadás összetett igénybevétel esetén főterhelésnél,
3. övlemezhorpadás nyomóigénybevétel esetén,
4. főgerinchorpadás főterhelés esetén,
5. segédgerinc-horpadás főterhelés esetén,
6. feszültségkorlátozás összterhelés esetén,
7. övlemezhorpadás összetett igénybevétel esetén összterhelésnél,

A programrendszer futási eredményei

	x(1)	Változók			x(5)	daru- híd tömeg $\cdot 10^3$ (kg)	he- gesz- tési kült- ség $\cdot 10^3$ (Ft)	Fe- lülte- lők. kült- ség $\cdot 10^3$ (Ft)	Össz. költs. $\cdot 10^3$ (Ft)
		x(2)	x(3)	x(4)					
1 célf.	1360	7	6	550	20	7,76	5,97	7,37	1,79
2 célf.	1380	6	5	770	15	7,48	4,24	7,47	1,74
3 célf.	1100	18	5	760	19	10,60	20,6	5,96	2,4
4 célf.	1300	6	5	670	18	7,52	4,23	7,04	1,73
min-max	1280	12	8	600	19	9,48	14,6	6,95	2,19
globál 1									
exp: 2	1240	6	5	700	19	7,87	4,22	6,72	1,78
globál 2									
exp: 3	1340	8	5	640	18	7,91	6,12	7,26	1,81
exp: 10	1320	6	5	760	16	7,60	4,23	7,15	1,75
súlyozott min-max $w_1=0,7$; $w_2=0,1$	1280	12	8	600	19	9,48	14,6	6,95	2,19
$w_2=0,7$; $w_1=0,1$	1340	7	5	730	16	7,72	5,13	7,26	1,78
$w_3=0,7$; $w_2=0,1$	1320	6	5	740	16	7,48	4,23	7,15	1,73
$w_4=0,7$; $w_2=0,1$	1200	8	5	700	19	8,27	6,07	6,5	1,86
$w_2=0,25$	1200	7	5	710	19	8,09	5,09	6,5	1,83
súlyozott globál $w_1=0,85$; $w_2=0,1$	1260	6	5	670	19	7,70	4,22	6,83	1,75
$w_3=0,85$; $w_2=0,1$	1240	6	5	660	20	7,84	4,22	6,72	1,27
egyszerű súlyozás $w_1=1$; $w_2=20$ $w_3=w_4=99$	1440	11	5	740	13	8,27	9,77	7,8	1,93
normált súlyozás $w_1=0,85$; $w_2=0,05$	1560	9	5	620	14	7,68	7,33	8,45	1,8
$w_4=0,85$; $w_2=0,05$	1260	6	5	640	20	7,72	4,22	6,83	1,75
$w_2=0,25$	1260	6	5	630	20	7,64	4,22	6,83	1,74

8. főgerinchorpadás összterhelés esetén,
9. segédgerinc-horpadás összterhelés esetén,
10. fáradásvizsgálat nyírás, helyi nyomás figyelembevételével,
11. fáradásvizsgálat húzás-nyomás figyelembevételével,
12. lehajláskorlátozás,
- 13.—22. méretkorlátozás az öt változó alsó-felső értékeire.

A mintafeladat fő bemenő adatai a következők: fesztáv 25 (m); horogteher 24 (t); macskatömeg 3 (t); macskakeréktáv 2,5 (m); darucsoporttényező 2; acélminőség 37-es; zárttéri daru; hídhaladási

sebesség (1 m/s); diafragmatávolság 2 (m); övlemez túlnyúlása a gerinclemeztől 20 (mm); kezelőjárda folyómérettömege 80 (kg/m); nyakvarrat K-varrat; megengedett lehajlás L/600; teherismétlődési szám $10^5 < N_M < 6 \times 10^5$; a sín mérete 50×80 (mm); a fázasztó teher 5%-ban a maximális érték 80—100%-a között, 5%-ban a maximális érték 60—80%-a között, 10%-ban a maximális érték 40—60%-a között merevítőborda van a gerinchen; méretei 150×80×8 (mm).

*

Az optimáló algoritmusok elvégzik a méretezési feltételek és a célfüggvények rendszerbe állítását,

különböző költségtényezők mellett az optimumok meghatározását. A számítások során az anyagköltséget 17—108 Ft/kg, a hegesztési költséget 54—216 Ft/kg, a felületelőkészítési költséget 108—316 Ft/m² között változtattuk.

Megvizsgáltuk az egyes daruknál a különböző csoportbesorolások hatását, illetve növelt folyáshatású (52-es) acélok alkalmazási lehetőségeit. A számítás eredményeit az 1. táblázat tartalmazza, a DRS-módszer alkalmazásával a költségértékek alsó határával. Az öt méretnél a diszkrét érték-sorok lépéstávolsága sorrendben a következő: 20, 1, 20, 1 mm

*

Számos programfuttatást végeztünk különféle feszítávú, teherbírású, csoportbesorolású, anyagminőségű daruhíd esetén, különféle költségtényezők mellett. Az eredmények alapján a következő összefüggések adódtak. Aszimmetrikus szekrény-szelvény alkalmazása a költségcsökkentés hatékony eszköze, mivel a segédgerincnek nincs olyan igénybevétele, mint a főgerincnek. A gerinclemeznél merevítő hosszborda alkalmazásával jóval nagyobb karcsúság engedhető meg, így a tömeg csökkenthető.

Az optimális méretezés során a feltételek közül általában a fáradási és a gerinclemez-horpadási feltétel volt aktív. L/600-as, L/1000-es lehajlaskorlátozás esetén ez a feltétel is határon volt. Kisebb feszítávú, kisebb teherbírású darunál sokszor a méretkorlátozási feltétel dominált: a lemezvastagság 5 mm legyen.

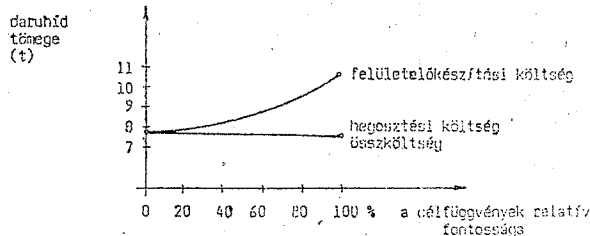
A számítások alapján meghatározó szerepe van a daru csoportbesorolásának adott feszítáv és teherbírás esetén a méretekre és a költségekre: Jelentős tömegcsökkenés érhető el növelt folyáshatárú, 52-es acél alkalmazásával, amelynek hatását egyfőtartós daruhíd esetén is vizsgáltuk [6]. A tömegcsökkenés mértéke 1/3 körüli is lehet. Gátat szab azonban a növelt folyáshatárú acélok alkalmazásánál az, hogy relatíve drágák és így a hídköltség nem csökken jelentősen, bár itt figyelembe lehet venni a kisebb önsúlymozgatáshoz szükséges energia csökkenését is.

Az egyes költségtényezők hatása viszonylag kicsinek mondható a hídfőtartó méreteire. Szerepet játszik ebben az, hogy viszonylag nagyszámú méretezési feltétel szerepel, illetve, hogy a célfüggvény értéke összköltség esetén nagyon összetett.

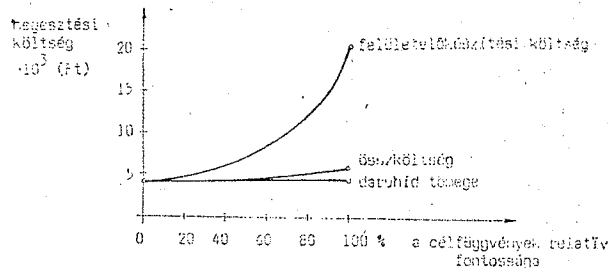
A 4. ábra mutatja az egyes célfüggvények (költségek) hatását a daruhíd tömegére.

Látható, hogy az összköltség, mint célfüggvény nem befolyásolja számottevően a tömeget, akkor sem, ha a benne lévő költségtényezőket egymástól függetlenül változtatom a szintézisnél ismert tartományokon. Nagyobb hatása a felületelőkészítési költségnek van a tömegre. Ez abból adódik, hogy kisebb gerincmagasságra törekedve a gerincvastagságok növelése szükséges az inercianyomaték biztosításához, ami kevésbé hatékony módszer és tömegnövekedést eredményez.

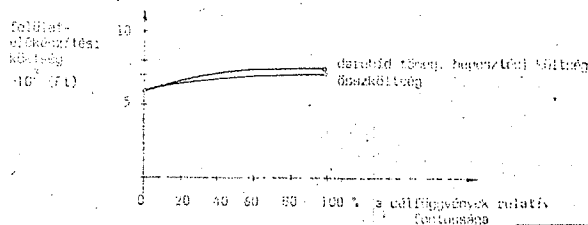
A hegesztési, felületelőkészítési és az összköltség változását a másik három célfüggvény fontos-



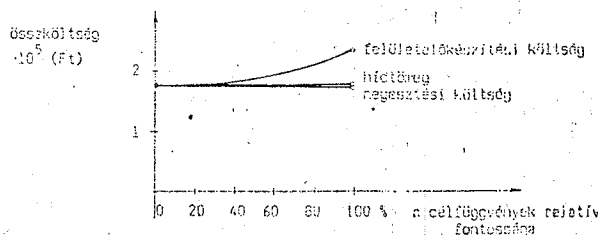
4. ábra. A daruhíd tömegének változása



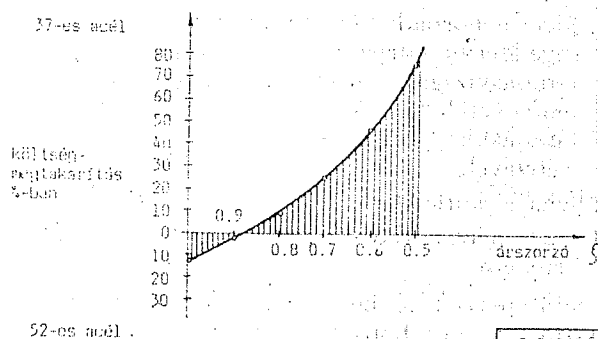
5. ábra. A hegesztési költség változása



6. ábra. A felületelőkészítési költség változása



7. ábra. Az összköltség változása



8. ábra. Növelt folyáshatárú acél alkalmazásának gazdaságossága

Az 52-es acél gazdaságossága az árszorzó függvényében

	ξ árszorzó					
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$K_{\text{daru 52-es}}$						
$K_{\text{daru 37es}}$	0,88	0,98	1,10	1,26	1,47	1,76

ságának függvényében az 5., 6. és 7. ábrák mutatják.

Látható a diagramokból, hogy a felületelőkészítési költség hatása a legnagyobb a hegesztési és az összköltségre. Ennek hatására a hegesztési költség közel ötszörösére emelkedik, ami abból adódik, hogy a gerincmagasság csökkenése esetén a gerincvastagságnak növekednie kell a szükséges inercianyomaték miatt.

Az eddigi eredmények 37-es acél alkalmazása mellett készültek. Növelt folyáshatárú acél alkalmazásával a daruhíd tömege jelentősen csökkenhet.

A 2. táblázat az 52-es acél alkalmazásának gazdaságosságát mutatja különböző árszorzók esetén. Ahol a különböző anyagminőségek esetén adódó költségek arányai láthatók a fajlagos anyagköltségek aránya függvényében,

$$\xi = \frac{K_1 \text{ kg 37-es acél}}{K_1 \text{ kg 52-es acél}}$$

Látható, hogy $\xi = 0,9$ esetén, tehát amikor $K_1 \text{ kg 52-es acél} = 1,11 \cdot K_1 \text{ kg 37-es acél}$, akkor a költségek közel megegyeznek. Kisebb költségeltérés esetén az 52-es, nagyobb költségeltérés esetén a 37-es acél alkalmazása előnyös (8. ábra). Mivel mozgó szerkezetről van szó, ezért a tömegcsökkenésnek egyéb, például energiafelhasználási vonzatai is vannak.

Az 52-es acél gazdaságosságának csökkenése főként abból adódik, hogy a méretezési feltételeknél a fáradási és lehajláskorlátozási feltételek, melyek általában aktívak, függetlenek az anyagminőségtől és nem engedik a további tömegcsökkenést.

A tervezőnek, végigmenve a gazdaságos szerkezet-méretezés különböző fázisain, alkalma van sok

információt összegyűjteni a konstrukció geometriai, terhelési adatai, anyagminősége hatásairól, az egyes méretezési feltételek, valamint a költség-tényezők szerepéről.

A programrendszer lehetőséget ad arra, hogy az egyes futtatások során a célfüggvények és méretezési feltételek számát változtassuk. Például, ha a lehajláskorlátozási feltételt ötödik célfüggvényként is szerepeltetem, akkor ugyanazon programot lehetőség van négy célfüggvénnyel és 22 feltétellel futtatni (a vizsgált eset), vagy öt célfüggvénnyel és 21 feltétellel. Ebben az esetben a lehajláskorlátozási feltétel nem lesz figyelembe véve. A programrendszer tehát viszonylag könnyen kezelhető szabad áramlást tesz lehetővé a célfüggvények és a méretezési feltételek halmaza között.

IRODALOM

- [1] *Himmelblau, D. M.*: Applied nonlinear programming. McGraw-Hill Book Co. New York, 1971.
- [2] *Weisman, J.*: MINIMAL, a combined optimization technique. Ph. D. Dissertation, University of Pittsburgh. Pittsburgh, Pa, 1968.
- [3] *Pappas, M.*: An improved direct search numerical optimization procedure. Computers and structures, 1980. Vol. 11. pp. 539—557.
- [4] *Jármai K.*: Aplikado de programadoj metodoj de la optimuma dimensiomado de metalaj strukturoj. Interkomputo '82. Konf. Budapest, NJSZT. pp. 158—173.
- [5] *Rosenbrock, H. H.*: An automatic method for finding the greatest or least value of a function. Computer Journal, 1960. Vol. 3. pp. 175—184.
- [6] *Jármai K.*: Egyfőtartós futódaru optimális méretezése személyi számítógéppel. GÉP, 1986. Vol. XXXVIII. No. 6. 234—237 old.
- [7] *Box, M. J.*: A new method of constrained optimization and a comparison with other methods. Computer Journal, 1968. Vol. 8. pp. 42—52.
- [8] *Jármai K.*: Optimal design of welded frames by complex programming method. Publ. Techn. Univ. Miskolc, Series C. Machinery, 1982. Vol. 37. pp. 79—95.
- [9] *Fletcher, R.—Powell, M. J. D.*: A rapidly convergent descent method for minimization. Computer Journal, 1963. Vol. 6. No. 2. pp. 163—168.
- [10] *Jármai K.*: Végeselemes programrendszerhez kapcsolható többcélfüggvényes optimáló programcsomag fémszerkezetek méretezésére. A végeselem-módszer ipari alkalmazása konferencia, 1988. SZÁMALK, 22. oldal.
- [11] *Jármai K.*: Gazdaságos fémszerkezetek méretezése, Kandidátusi értekezés, 1988. 187. oldal.
- [12] TGL 13503/2: Stahlbau. Stabilität von stahltragwerken, Erläuterungen und Berechnungsmöglichkeiten. 1982.