

ÉPÜLETSZERKEZETEK KOMPLEX ÉRTÉKELÉSÉNEK ÉS MÉRETEZÉSÉNEK MÓDSZERE*

VISY ZOLTÁN**

[Beérkezett 1976. január 23-án]

A szó legtágabb jelentésében, az anyagoktól az épületekig értelmezett „épületszerkezetek” rendszerszemléletű definiálása alapján a szerző javaslatot tesz ezek teljesítőképességének (performance) számszerű kifejezésére. Valamely ismert követelményrendszer, és a szerző által bevezetett összefüggések birtokában elvégezhető adott épületszerkezetek komplex értékelése, továbbá egymáshoz viszonyított érték-sorrendjük megállapítása, végül épületszerkezeteknek a tervezés keretében megállapított követelményrendszerhez igazodó komplex méretezése.

1. Bevezetés

Az építőiparral szemben jelentkező társadalmi igények rohamos mennyiségi és minőségi növekedése világszerte előtérbe helyezte az építés iparosítását. Ez ugyanis a termelékenység növelésének és az egyenletes jó minőség biztosításának leghatékonyabb eszköze.

Az iparosítás természetes velejárója olyan gépi feldolgozásra alkalmas anyagok és szerkezeti megoldások alkalmazása, amelyekre vonatkozóan nincsenek több évtizedes, esetleg évezredes építési és használati tapasztalataink. Ugyanakkor ezek az anyagok általában drágák, a feldolgozásukhoz szükséges gyártóberendezések beruházási költségei magasak, végül egy esetlegesen elkövetett tervezési vagy gyártási hiba — a tömegtermelés következtében — hatásában megtöbbszöröződik, ezáltal a teljes építési tevékenységre számított kár értéke, még viszonylag kis hiba esetén is, jelentős lehet.

Az iparosítás említett nehézségei kiküszöbölhetők, sőt ezek tudatos felismerése napjainkban a tudományos és technikai fejlődés egyik ösztönzőjévé vált. A hagyományos építés tapasztalatait ma már jelentős részben az elméleti és kísérleti kutatás eredményei, a magas anyagárakat az ésszerű felhasználás, a drága gyártóberendezéseket azok optimális kihasználása, végül a tömegtermelés eredetileg nagyobb kockázatát a méretezési és tervezési módszerek tökéletesítése és olyan területekre történő kiterjesztése ellensúlyozzák, ahol

* A Műszaki-Gazdasági Rendszerttechnikai Albizottság 1975. XI. 24-i kibővített ülésén megvitatott előadás.

** Visy Zoltán, 1027 Budapest, Mártírok útja 58. I. 4

eddig a tervező döntéseit kizárólag a korábbi építési gyakorlat tapasztalatai, illetve saját intuíciója alapozták meg.

Jelen dolgozatban a szerző ez utóbbi, tehát a műszaki tervezést érintő kérdéskörben, az épületszerkezetek teljesítőképességét (performance) kívánja rendszerszemléletű megközelítéssel megfogalmazni, majd ennek alapján javaslatot tesz komplex értékelési és méretezési eljárásra.

2. Fogalommeghatározások és jelölések

A továbbiakban „*épületszerkezetek*” képezik a vizsgálat tárgyát. A dolgozatban ez a fogalom a szokásosnál tágabb értelemben szerepel. Szintenként elkülönítve megkülönböztet a szerző:

- anyagokat és termékeket,
- szerkezeteket és szerkezetcsaládokat,
- építési rendszereket és
- épületeket.

Elképzelhető volna részletesebb felosztás is, illetőleg a szintek kiterjesztése lefelé és felfelé, azonban ennek a módszer szempontjából nincs jelentősége. Az „*épületszerkezet*” meghatározás a továbbiakban mindig egyetlen tetszőleges szintet jelent, ha valamely kitüntetett szintről van szó, ezt a szerző külön megnevezi.

Az épületszerkezet *teljesítőképessége* (performance) annak társadalmi hasznosságát fejezi ki, tehát ez a létesítési cél(ok) és megvalósítási lehetőségek szempontjából szignifikáns *tulajdonságok* valamilyen függvénye. Ennek megfelelően a figyelembe veendő tulajdonságok általában műszakiak és gazdaságiak, jelentkezési tartományuk kiterjed az épületszerkezet előállításának (gyártás, építés) és használatának (üzemeltetés, fenntartás, felújítás) teljes időtartamára, végül értékrendjüket, a velük szemben támasztott *követelményeket*, funkcionális, gazdasági és esztétikai tényezők egyaránt befolyásolják. Az eddig bevezetett fogalmak jelölése:

T : az épületszerkezet teljesítőképessége;

T_i , (ahol $i = 1, 2, \dots, n$): az épületszerkezet n számú, különböző szignifikáns tulajdonsága közül az i -edik;

K_i , (ahol $i = 1, 2, \dots, n$): az i -edik szignifikáns tulajdonságra vonatkozó követelmény.

Rendszerszemléletű megközelítésen a szerző azt érti, hogy az épületszerkezetet olyan alkotóelemek halmazából álló rendszernek tekinti, amely alkotóelemek a rendszeren belül a főcélért, tehát az optimális teljesítőképesség eléréséért működnek együtt. „A rendszerszemléletű gondolkodás — CHURCHMAN szerint [2] — nem más, mint csupán ezekről a teljes rendszerekről és alkotóelemeikről való gondolkodási módszer.”

Az együttműködés feltételét a következő összefüggés fejezi ki:

$$T_i = \Phi_i(T_1, T_2, \dots, T_{i-1}, T_{i+1}, \dots, T_n), \quad (1)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

A dolgozatban szereplő megállapítások tehát csak azokra az épületszerkezetekre vonatkoznak, amelyekre igaz, hogy bármelyik szignifikáns tulajdonságuk megváltoztatása maga után vonja több szignifikáns tulajdonságuk kisebb vagy nagyobb változását.

Komplex értékelésen a szerző olyan módszert ért, amely alkalmas arra, hogy segítségével a tervező valamely adott, az (1) feltételt kielégítő épületszerkezet alkalmasságát a K_1, K_2, \dots, K_n követelmények ismeretében — elbírálja, illetőleg az ezekből képzett követelményrendszerhez képest, az épületszerkezet teljesítőképességét bemérje, továbbá hogy több adott — azonos főcélú és az (1) feltételnek eleget tevő épületszerkezet egymáshoz viszonyított jósági sorrendjét megállapítsa.

Komplex méretezésen a szerző olyan módszert ért, amely alkalmas arra, hogy segítségével a tervező valamely az (1) feltételnek eleget tevő épületszerkezet egymástól független, szabad, p_1, p_2, \dots, p_m tervezési paramétereit úgy határozza meg, hogy az eredményként nyert egyetlen épületszerkezet, a K_1, K_2, \dots, K_n követelmények maradéktalan kielégítése mellett, az adott helyen és időben, adott célnak megfelelő optimumot megközelítse. Az épületszerkezet szignifikáns tulajdonságai és az egymástól független, szabad tervezési paraméterek kapcsolatáról — az (1) feltétellel összhangban — a szerző kiköti, hogy

$$T_i = f_i(p_1, p_2, \dots, p_m), \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

ahol m a tervezési paraméterek, n pedig a szignifikáns tulajdonságok száma.

A dolgozatban előforduló további jelölések:

- K : az épületszerkezettel szemben támasztott komplex követelmény mérőszáma, amely függvénye a K_1, K_2, \dots, K_n követelményeknek;
- w_i , (ahol: $i = 1, 2, \dots, n$): az i -edik követelmény együttthatója, amelynek célja a dimenzióátalakítás és a követelmény súlyozása;
- $B_i = T_i/K_i$, (ahol: $i = 1, 2, \dots, n$): az épületszerkezet n számú tényleges tulajdonsága közül az i -edikre vonatkozó relatív részteljesítés, egyúttal a biztonság mérőszáma.
- $v_i = w_i \cdot K_i$, (ahol: $i = 1, 2, \dots, n$): a B_1, B_2, \dots, B_n relatív részteljesítések (biztonságok) közül az i -edikhez tartozó súlyozó együtttható;
- R_j , (ahol $j = 1, 2, \dots, q$): q számú, azonos főcélú épületszerkezet közül a j -edik relatív teljesítőképessége, amely ezeknek az épületszerkezeteknek egymáshoz viszonyított jósági sorrendjére jellemző;
- T_{ij} (ahol $i = 1, 2, \dots, r$, és $j = 1, 2, \dots, q$): q számú, r -féle tulajdonsággal jellemzett épületszerkezet közül a j -ediknek i -edik tulajdonsága;
- $T_{i \min}$: az előzőekben értelmezett $T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{iq}$ (ahol $i = 1, 2, \dots, r$) tulajdonságok közül a legkedvezőtlenebb;
- u_i (ahol $i = 1, 2, \dots, r$): a T_{ij} tulajdonságok súlyozó együttthatói.
- T_l : az (1) feltételnek megfelelő épületszerkezet $T_1, T_2, \dots, T_l, \dots, T_n$ szignifikáns tulajdonságai közül, a komplex méretezés esetenként előforduló főcéljának megfelelően kiválasztott, l -edik, leglényegesebb tulajdonság.

3. Az épületszerkezet mint egy állapotú rendszer

Füzy Jenő [3] kimutatta, hogy az (1) szerinti feltétel a Bertalanffy-féle rendszertörvény [4] időben változatlan rendszerekre vonatkozó speciális esete. Ez az épületszerkezeteknél — amelyek elkészültük után általában nem változtathatók — azt jelenti, hogy a követelmények (igények) és a teljesítő-képesség (az épületszerkezet viselkedése) — egyébként ténylegesen várható — időbeli változását az értékelés vagy tervezés időpontjában és keretében kell figyelembe venni. Ebből az következik, hogy a K_1, K_2, \dots, K_n , valamint a T_1, T_2, \dots, T_n értékeket mint valószínűségi változókat kell kezelni. Ez a körülmény szükségessé teszi annak kikötését, hogy a szóbanforgó épületszerkezettel kapcsolatos megállapítások csak annak rendeltetésszerű használatára esetén és a tervezett élettartamon belül érvényesek.

A követelményeket és az azokat kielégítő tulajdonságok meghatározásának módját a szerző ismertnek tételezi fel (pl. különböző érvényben levő szakágazati méretezési előírások szerint), és csupán azt köti ki, hogy módszere keretében követelményként mindig a szóbanforgó szignifikáns tulajdonságnak eltűrhető alsó határértékét kell megadni. Ennek megfelelően pl. ha az az igény, hogy a szerkezet teherbírása legalább P kp legyen, akkor az erre vonatkozó követelmény: $K_i = P$ ha viszont az, hogy ne kerüljön többre, mint Q Ft, akkor utóbbira a követelmény:

$$K_i = \frac{1}{Q}.$$

Természetesen az előbbi feltételt következetesen érvényesíteni kell a tulajdonságok felírásánál is. Ez azt jelenti, hogy valamely T_i tulajdonság (részteljesítés) annál kedvezőbb, minél nagyobb a számértéke.

A bevezetett írásmód lehetővé teszi olyan követelmények és tulajdonságok megadását is, amelyek nem fejezhetők ki valamilyen mértékegységben. Ez esetben, ha finomabb megkülönböztetésre van szükség, úgy valamilyen pontozásos rendszer vezethető be, ügyelve arra, hogy a magasabb pontszám jelentse a kedvezőbb megoldást. Legegyszerűbb esetben szóban körülírt követelményre igen-nem válasz is adható, amikor a követelmény: $K_i = 1$, a vele kapcsolatos teljesítés pedig igen válasz esetén: $T_i = 1$, nem válasz esetén pedig, tehát amikor az épületszerkezet a követelményt nem elégíti ki, $T_i = 0$.

Előzőek alapján, valamely épületszerkezet K_i követelmény szempontjából vett megfelelésének feltétele mindig: $K_i \leq T_i$, melyet más alakban írva, és az összefüggést valamennyi (n számú) szignifikáns tulajdonságra ki-

terjesztve nyerhető az épületszerkezet megfelelőségének általános feltétele:

$$1 \leq \frac{T_i}{K_i}, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

Miután T_i és K_i valószínűségi változók, az egyenlőtlenség jobb oldalán álló hányados valamilyen valószínűséggel mindig felvehet egynél kisebb értéket, és pedig annál nagyobb valószínűséggel, minél kisebb a hányados értéke. Ezek közül a valószínűségek közül kiemelt jelentősége van az

$$1 = \frac{T_i}{K_i}, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

állapothoz tartozó valószínűségnek, amelyet a különböző szakágazati szabályzatok életvédelmi, műszaki, gazdasági stb. megfontolásokkal állapítanak meg, és tesznek előírásaik alapjává.

Jelen dolgozat ezzel a kérdéscsoporttal a továbbiakban nem foglalkozik. Az érvényben levő előírásokat változatlanul elfogadja és a (3) feltétel teljesülése esetén megfelelőnek tekinti az épületszerkezetet. Az egyes tulajdonságokkal kapcsolatos biztonság mértékét pedig a

$$B_i = \frac{T_i}{K_i}, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

relatív részteljesítések számértékével jellemzi.

A követelmények, a tulajdonságok és a biztonság előzőekben összefoglalt értelmezése alapot ad arra, hogy a szerző az épületszerkezeteket — vizsgálata keretében — egy-állapotú, időben változatlan, tehát az (1) feltételnek megfelelő rendszereknek tekintse.

4. A követelmények rendszere

Az épületszerkezetekkel szemben általában többféle, egymástól jellegükben, mértékegységükben, megadási módjukban és számértékükben eltérő követelmény áll fenn. Ezek egy része különböző szabályzatokban rögzítésre került, más részüket a konkrét értékelési vagy méretezési feladat speciális adottságai határozzák meg.

Rendszerszemléletben megfogalmazva a kérdést, a követelmények a vizsgált rendszer környezetéhez tartoznak, tehát a rendszer értékelője vagy tervezője számára olyan adottságok, amelyeket nem változtathat meg.

Miután minden rendszer — így az épületszerkezet is — alkotóeleme egy nagyobb rendszernek (pl. egy gerenda egy födémnek stb.), a követelmények jelentős részét e nagyobb rendszer főcélja határozza meg. Ezért volt szükség az épületszerkezetek különböző szintjeit bevezetni. Valamely kitüntetett

szinthez tartozó épületszerkezet (pl. fal) vizsgálatánál, a követelmények megállapításánál elengedhetetlenül szükséges az eggyel magasabb szint (pl. a falat magába foglaló épület) elemzése is.

A követelményeket a továbbiakban egyértelműen adottaknak tekinti a szerző, és halmazukat olyan értelemben teljesnek, hogy az a szóbanforgó épületszerkezet társadalmi hasznosságát, tehát az igény és lehetőség oldal teljességét reprezentálja. Ez még a legegyszerűbb esetben is műszaki és gazdasági követelmények megadását jelenti.

A továbbiak érdekében a szerző, CHESTNUT [1] nyomán, a követelményeket a következő additív összefüggésben írja fel:

$$K = w_1 \cdot K_1 + w_2 \cdot K_2 + \dots + w_n \cdot K_n, \quad (6)$$

ahol K_1, K_2, \dots, K_n a követelményeket, a w_1, w_2, \dots, w_n együtthatók pedig olyan értékeket jelentenek, amelyek a követelményeket azonos dimenzióra hozzák, vagy dimenziómentesítik, továbbá súlyozzák, a rendszerrel szemben megfogalmazott főcél (komplex követelmény) szempontjából.

Bevezetve a

$$\sum_{i=1}^n w_i \cdot K_i = 1 \quad (7)$$

feltételt, a rendszerrel szemben támasztott komplex követelmény (K) mérőszáma mindig egy.

5. A tulajdonságok rendszere

Az épületszerkezet tulajdonságait a komplex követelmény (6) és (7) szerinti összefüggéseivel összhangban felírva nyerhető a teljesítőképességet kifejező alábbi összefüggés:

$$T = w_1 \cdot T_1 + w_2 \cdot T_2 + \dots + w_n \cdot T_n, \quad (8)$$

ahol T_1, T_2, \dots, T_n az azonos indexű követelményekhez tartozó szignifikáns tulajdonságok, w_1, w_2, \dots, w_n pedig a (6) szerinti együtthatók.

Miután előzőek szerint az épületszerkezetnek valamennyi követelményit maradéktalanul ki kell elégítenie, a (8) szerint megfogalmazott teljesítőképesség csak akkor értelmezett, ha a (3) szerinti feltétel teljesül.

Az épületszerkezet T_1, T_2, \dots, T_n tulajdonságait, ezen keresztül teljesítőképességét is, alkotóelemeinek, tehát a magába foglalt kisebb rendszereknek lehetőségei határozzák meg. Ezek egy része tervezés esetén a rendszer forrása, — tehát a tervező elhatározásától függ igénybevételének módja —, más részük, illetve ellenőrzés esetén egészük adottság, azaz a vizsgált rendszer

környezetének része. Mindebből az következik, hogy valamely szinthez tartozó épületszerkezet teljesítőképességének felírásánál szükség van az eggyel alacsonyabb szint elemzésére is.

A (3), (6), (7) és (8) összefüggések átvizsgálásával megállapítható, hogy valamely épületszerkezet megfelelőségének feltétele a (3) összefüggés teljesülése, az ezt kielégítő és a követelményeknek éppen megfelelő épületszerkezet teljesítőképességének mérőszáma pedig kereken egy.

Az eddig bevezetett összefüggések legfőbb gyengéje a w_1, w_2, \dots, w_n együtthatók bizonytalansága. Ezt elsősorban azok kettős és eddig pontosan szét nem választott szerepe okozza. A következőkben mód nyílik a teljesítőképesség olyan felírására, amely ezt a bizonytalanságot — az eddigiekkel összhangban — kiküszöböli.

6. Épületszerkezetek teljesítőképessége

Bevezetve a (3), (7) és (8) összefüggésekbe a

$$v_i = w_i K_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

jelölést, a teljesítőképesség alábbi, általánosan alkalmazható kifejezése nyerhető:

$$T = v_1 \frac{T_1}{K_1} + v_2 \frac{T_2}{K_2} + \dots + v_n \cdot \frac{T_n}{K_n},$$

$$\sum_{i=1}^n v_i = 1, \quad (10)$$

$$1 \leq \frac{T_i}{K_i},$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

A (10) összefüggésre a dolgozat valamennyi eddigi megállapítása igaz. Az újonnan bevezetett v_1, v_2, \dots, v_n együtthatók viszont tisztán súlyozó számok, ugyanis az (5) szerinti B_1, B_2, \dots, B_n relatív részteljesítések (biztonságok), természetükből és felírásmódjukból következően dimenziómentesek.

Kiindulva abból, hogy az épületszerkezetre vonatkozó követelményeket és a kielégítésükre hivatott tulajdonságok (részteljesítések) igazolásának módját ma még különböző építésügyi előírások és tervezői megfontolások egymástól eltérően szabályozzák, továbbá hogy ezekre az esetek többségében más-más tönkremeneteli (meg nem felelőségi) valószínűség előírása célszerű, az épület szerkezet valamilyen, a T teljesítőképességre vonatkoztatott, komplex biztonsága — legalábbis ezideig — nem értelmezett.

7. Épületszerkezetek komplex értékelése

Egyetlen adott épületszerkezet komplex értékelése esetén elegendő a (3) összefüggés szerinti vizsgálat, amely a megfelelést, illetve meg nem felelést egyértelműen kimutatja. A számítás keretében megjelenő (5) összefüggés szerinti biztonságok mértéke pedig egyértelműen jelzi az épületszerkezet belső tartalékainak mértékét a különböző követelményekkel szemben.

Több adott épületszerkezet egymáshoz viszonyított komplex értékelése csak akkor végezhető el, ha főcéljuk közös, tehát (6) szerinti követelményrendszerük azonos.

E vizsgálat két fajtája lehetséges, és mindkettőnek értelme van adott esetben, sőt a két vizsgálat bizonyos szempontból ki is egészíti egymást.

7.1 *A teljesítőképességek jósági sorrendjének megállapítása*

Ez esetben meg kell határozni valamennyi — a vizsgálatba bevont — épületszerkezet (10) összefüggés szerinti teljesítőképességét.

Azokat az épületszerkezeteket, amelyekre valamely követelmény nem teljesülése miatt a teljesítőképesség nem értelmezett, a további vizsgálatból ki kell zárni.

A legnagyobb számértékű teljesítőképességgel bíró szerkezet rendelkezik a legtöbb belső tartalékkal az adott követelményrendszerrel szemben. Mivel előzők szerint a követelményrendszert teljesnek — tehát valamennyi műszaki és gazdasági feltételt tartalmazónak — definiálta a dolgozat, az így kiválasztott szerkezet egyben a követelményrendszerhez viszonyított optimumot is jelenti, feltéve ha a v_1, v_2, \dots, v_n súlyozó együtthatók felvétele is helyes volt. Utóbbira a rendszertechnikai szakirodalom számos módszert ismertet [1, 6, 8, 9].

7.2 *A relatív teljesítőképességek jósági sorrendjének megállapítása*

Azonos főcélú, adott épületszerkezetek egymáshoz viszonyított jósági sorrendjének finomabb mérésére és a követelményrendszer felvételében rejlő bizonytalanságok részbeni kiküszöbölésére a 7.1 alatti vizsgálatot célszerű kiegészíteni a relatív teljesítőképesség vizsgálatával. Ez csak azokra az épületszerkezetekre értelmezett, amelyek a (3) összefüggés alapján megfelelőnek bizonyulnak.

Ez a vizsgálat olyan tulajdonságokra is kiterjeszthető, amelyekre nincsenek egyértelmű K_i követelmények, de amelyek az épületszerkezetek egymás közötti összehasonlításában jelentőséggel bírnak. Ilyen lehet pl. az anyagfelhasználás vagy energiaigény stb., amelyek minél kedvezőbb értékeinek elérése a cél, de adott esetben nem adható meg ezekre valamilyen, — kizáró feltételként bevezethető —, alsó határérték.

A relatív teljesítőképesség (R) vizsgálatakor a K_1, K_2, \dots, K_n követelmények helyett, valamint a követelményekhez nem kötött tulajdonságok viszonyítási alapjaként, a vizsgálatba bevont — és egyébként megfelelő — épületszerkezetek $T_1, T_2, \dots, T_n, \dots, T_r$ tulajdonságai (részteljesítései) közül a legkedvezőtlenebbeket kell bevezetni mint fiktív követelményeket.

Előzőek szerint, q számú, azonos főcélú, n számú követelménnyel, és további $r - n = s$ számú kívánatos tulajdonsággal (teljesítés elvárással) jellemzett épületszerkezet esetén a relatív teljesítőképességek az alábbi összefüggéssel számíthatók:

$$R_j = \sum_{i=1}^r u_i \frac{T_{ij}}{T_{i \min}},$$

$$(j = 1, 2, \dots, q)$$

$$\sum_{i=1}^r u_i = 1,$$

$$1 \leq \frac{T_{ij}}{K_i},$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

$$(j = 1, 2, \dots, q)$$

Fenti kifejezésben $T_{i \min}$ mindig a $T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{iq}$ (ahol $i = 1, 2, \dots, r$) értékek közül a legkisebb. Ezek egy részére azonban, (amelyekre van K_i követelmény), az előzőek értelmében fennáll, hogy

$$1 \leq \frac{T_{i \min}}{K_i}, \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Amint látható, az s számú teljesítés elvárással bővített relatív teljesítőképesség meghatározása esetén új súlyozó számok (u_i) bevezetésére van szükség. Ez a követelményrendszer bővítésének természetes következménye. Feltételezve, hogy az eredeti követelményrendszerénél bevezetett v_i súlyozó együttartók felvétele helyes volt, ez új súlyozó számok megállapításánál ügyelni kell arra, hogy a következő feltétel teljesüljön:

$$\frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} = \frac{u_i}{\sum_{i=1}^n u_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

mivel (10) szerint

$$\sum_{i=1}^n v_i = 1$$

$$u_i = v_i \sum_{i=1}^n u_i \quad (13)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

ami viszont természetesen semmiféle megkötést nem jelent a

$$\sum_{i=1}^n u_i \quad \text{és} \quad \sum_{i=n+1}^r u_i$$

súlyozószám-csoportok egymáshoz viszonyított arányára. A kikötés csupán az, hogy e kettő összegének (11) szerint egynek kell lenni.

A (11) összefüggés alapján megállapított relatív teljesítőképességek számértékei az épületszerkezetek egymás közötti jósági sorrendjére jellemzők. Ebben a viszonylatban a legnagyobb számértékű tekintendő legkedvezőbbnek. A fiktív követelmények figyelembevételével (11) szerint megállapított $T_{ij}/T_{i \min}$ (ahol: $i = 1, 2, \dots, r$ és $j = 1, 2, \dots, q$) hányadosok számértéke pedig egy-egy részteljesítés (tulajdonság) vonatkozásában jelzi az épületszerkezetek egymáshoz viszonyított rangsorát.

8. Épületszerkezetek komplex méretezése

MISTÉTH Endre szerint [7] „a méretezés tulajdonképpen a beruházási költségek, a fenntartási költségek, az üzemköltségek, a nem kielégítő kapacitás miatti károk és a létesítmény esetleges tönkremenetele (meghibásodása) miatti károk műszaki és gazdasági optimumának keresése”. Ennek az egy szakágazat területére megfogalmazott feltételnek az általánosításával közelíthető meg a szerző véleménye szerint is helyesen mindenfajta építési szerkezet méretezése, így a komplex méretezés is.

A méretezés jellege és a fenti meghatározás is feltételezi, hogy az eddigi vizsgálatoktól eltérően – amikor az épületszerkezetek mindig adottak voltak – az épületszerkezetnek legyen elegendő számú, egymástól független szabad tervezési paramétere. A komplex méretezés célja e paraméterek értékeinek olyan meghatározása, mely mellett az épületszerkezet a kívánt műszaki-gazdasági optimumot nyújtja. Utalva a (2) összefüggésre, az épületszerkezet teljesítőképességét kifejező (10) összefüggés e tervezési paraméterek függ-

vényeként is felírható:

$$T = \sum_{i=1}^n v_i \cdot \frac{f_i(p_1, p_2, \dots, p_m)}{K_i},$$

$$\sum_{i=1}^n v_i = 1, \quad (14)$$

$$1 \leq \frac{f_i(p_1, p_2, \dots, p_m)}{K_i}$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

Ha a méretezés alapjául szolgáló követelményrendszer — beleértve a v_i súlyozó együtthatókat is — helyes, teljes és ellentmondás mentes, akkor a műszaki-gazdasági optimum a p_1, p_2, \dots, p_m paraméterek olyan értékeinél áll elő, melyek a (14) szerinti teljesítőképesség maximumához tartoznak. Az így megfogalmazott komplex méretezési feladatra a

$$T = \sum_{i=1}^n v_i \cdot \frac{f_i(p_1, p_2, \dots, p_m)}{K_i} = \max! \quad (15)$$

célfüggvény írható fel, az

$$1 \leq \frac{f_i(p_1, p_2, \dots, p_m)}{K_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (16)$$

korlátozó feltételekkel, amelyeket esetleg a p_1, p_2, \dots, p_m tervezési paraméterekre vonatkozó további megkötések is kiegészíthetnek.

Bár e módszer elvileg tiszta, és a (16) feltétel révén egyértelműen biztosítja azt, hogy az épületszerkezet, a súlyozó tényezők bármilyen felvétele mellett is, megfelel valamennyi szakágazati előírásnak, a mérnöki gyakorlat mégis fenntartással kezeli, épp e súlyozó tényezők vélt bizonytalansága miatt. Minthogy jelen dolgozat a követelményrendszert — beleértve a súlyozó együtthatókat is — adottnak tekinti, e kérdés további tárgyalásába nem bocsájtkozik s utal a már hivatkozott szakirodalomra.

Előbbieik alapján szükségesnek látszik azonban a komplex méretezés olyan lehetőségeinek feltárása is, melyeknél a súlyozó együtthatók eltüntethetők.

Mivel a (8) összefüggésbe eredetileg bevezetett w_1, w_2, \dots, w_n együtthatók célja az volt, hogy az egymástól eltérő tulajdonságokat azonos dimenzióra hozza, és e tulajdonságok súlyát a teljesítőképességben kifejezze, kézenfekvőnek tűnik a következő gondolat. Ha egy épületszerkezet valamennyi T_1, T_2, \dots, T_n szignifikáns tulajdonsága, illetve ezek változásának hatása negatív és pozitív költségtényezők figyelembevételével forintban egyértelműen

és helyesen, mint Q_1, Q_2, \dots, Q_n tulajdonsághalmaz volna kifejezhető, akkor e tényezők eltűnnének, mert a Q_i ($i = 1, 2, \dots, n$), tulajdonságok (részteljesítések) dimenziója azonos, és számértékük arányos volna az ugyancsak forintban kifejezett T teljesítőképességhez való hozzájárulásukkal. A feladatnak helyes, egyértelmű és teljes ilyen felírása (8) alapján a követelmények megadását is feleslegessé tenné.

A komplex méretezés célfüggvénye ekkor a

$$T = \sum_{i=1}^n \varphi_i(p_1, p_2, \dots, p_m) = \max ! \quad (17)$$

kifejezéssé fajulna, amelyben

$$Q_i = \varphi_i(p_1, p_2, \dots, p_m) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (18)$$

és

$$Q_i = w_i T_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (19)$$

A célfüggvény korlátozó feltételeit ez esetben kizárólag a p_1, p_2, \dots, p_m tervezési paraméterek esetleges korlátjai jelentenék.

E módszer általános alkalmazása épületszerkezetek komplex méretezésére ma még kizárólag elvi jelentőséggel bír.

A gyakorlati alkalmazás szempontjából javasolható, harmadik eljárás azon alapszik, hogy

- a K_1, K_2, \dots, K_n elemekből álló követelmények halmaza teljes, tehát a legegyszerűbb esetben is tartalmazza az igények mellett (pl. műszaki követelmények) a lehetőségeket is (pl. gazdasági követelmények), továbbá, hogy
- a (3) szerinti feltétel valamennyi követelmény kielégítését külön-külön is biztosítja.

Elegendő számú szabad, egymástól független p_1, p_2, \dots, p_m tervezési paraméter esetén igen sok olyan épületszerkezet adható meg, amely az előzőeknek megfelel.

A kívánt műszaki-gazdasági optimumot megközelítő egyetlen épületszerkezet kiválasztása úgy történhet, hogy annak $T_1, T_2, \dots, T_l, \dots, T_n$ szignifikáns tulajdonsága közül a tervező kiválasztja az adott cél szempontjából leglényegesebb tulajdonságot (pl. az épületszerkezet összköltségét, energiaigényét, munkaerőigényét, teherbírását stb.), ennek v_l súlyozó együtthatóját egynek választja és így keresi a teljesítőképesség maximumát. Mivel ez esetben a többi súlyozó tényező értéke (10) alapján zérus, és K_l értéke konstans, a T teljesítőképesség maximálását előíró célfüggvény a következő alakú:

$$T_l = f_l(p_1, p_2, \dots, p_m) = \max ! \quad (20)$$

melynek korlátozó feltételei azonban valamennyi tulajdonság figyelembevételével ez esetben is a következők:

$$1 \leq \frac{f_i(p_1, p_2, \dots, p_m)}{K_i} \quad (i = 1, 2, \dots, l, \dots, n) \quad (21)$$

illetőleg a p_1, p_2, \dots, p_m tervezési paraméterek esetleges korlátjai.

Ez a módszer az esetek többségében kielégítő megoldást ad.

Igényesebb feladatoknál a szerző javasolja, hogy a tervező egymás után valamennyi szignifikáns tulajdonságot kiemelve írja fel a (20) szerinti cél-függvényt. Ezekre természetesen a korlátozó feltételek azonosak. Az így nyert, összetartozó tervezési paraméter-értékek egyértelműen kijelölik azt a halmazt amely a teljes optimumot nyújtó tervezési paraméter értékcsoportot tartalmazza. Ennek a halmaznak, valamint a méretezési célnak ismeretében a tervező már igen nagy biztonsággal választhatja ki az optimumot legjobban megközelítő megoldást.

IRODALOM

1. CHESTNUT, H.: Systems Engineering from an Industrial Viewpoint. Magyar nyelven megjelent a „Rendszerelmélet. Válogatott tanulmányok” c. kötetben. pp. 193/220. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest 1969
2. CHURCHMAN, C. W.: Rendszerelmélet. Statisztikai Kiadó Vállalat, Budapest 1974
3. FÜZY Jenő: Gyárilag előállított elemekből álló építési rendszerek rendszerelmélet szemléletű, komplex, számítógéppel segített tervezésének elvi szempontjai. Kutatási koncepció és tanulmány, készült az ÉTI Épületszerkezeti tagozatán. Budapest 1974
4. HEMPEL, Carl, G.: General Systems Theory and the Unity of Science. Magyar nyelven megjelent a „Rendszerelmélet. Válogatott tanulmányok” c. kötetben, pp. 39/51. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest 1969
5. JÁNDY Géza: Rendszerelmélet és irányítás. Statisztikai Kiadó Vállalat, Budapest 1975
6. KAUFMANN, A.—FAURE, R.: Bevezetés az operációkutatásba. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1969
7. MISTÉTH Endre: Töbcbélű létesítmények optimális biztonságának rendszerszemléletű vizsgálata. Kézirat, Budapest 1975
8. SZABÓ Dezső: Az értékelemzés alkalmazási lehetőségei a műszaki tervezésben. Az Építésgazdasági és Szervezési Intézet 2674. sz. jelentése. Budapest 1971
9. VDI Berichte 125: Wertanalyse. Der Weg zum Kostenminimum. VDI-Verlag GmbH. Düsseldorf 1968

Method of the Complex Evaluation and Dimensioning of Building Structures.— On the basis of systems-engineering definition of „building structures” as understood in the widest sense of this term, author suggests a method for the numerical expression of their performance. In possession of some familiar systems of requirements and relationships introduced by the author, the complex estimation of actual building structures may be carried out, as well as their value sequence may be determined and lastly, the dimensioning of building structures adjusted to the system of requirements established in the framework of designing, may be realized.

Methode der komplexen Wertung und Dimensionierung von Baukonstruktionen. — Aufgrund der systemtechnischen Definition der Baukonstruktionen, im weitesten Sinne des Ausdrucks, der von den Materialien ausgegangen bis zu den Hochbauten alles in sich einschließt, schlägt der Verfasser eine numerische Auswertungsmethode derer Leistungsvermögen (performance) vor. Bei Kenntnis irgendeines Anforderungssystems und der vom Verfasser eingeführten Abhängigkeiten kann die komplexe Auswertung von gegebenen Baukonstruktionen, Feststellung ihrer relativen Wertreihenfolge und schließlich eine sich nach dem Anforderungssystem gerichtete komplexe Dimensionierung von Baukonstruktionen durchgeführt werden.