

KÖNNYŰSZERKEZETEK ANYAGAI ÉS MECHANIKÁJA

SZABÓ JÁNOS
AZ MTA LEVELEZŐ TAGJA

Jelen tanulmány azzal a nagy jelentőségű könnyű szerkezetes építési rendszerrel kíván foglalkozni, amelynek széleskörű bevezetése, az építés iparosításának folyamatában hazánkban is elkerülhetetlen lépés. Ezen építési rendszer bevezetésének előfeltételei a már máshol kialakított megoldások sikeres átvételében megnyugtatóan adótnak tekinthetők. Részben rendelkezésre áll, részben rövid idő alatt létrehozható az építési rendszer igényének megfelelő ipari háttér, azaz a szerkezeti anyagok és elemek gyártó bázisa. Néhány hazai — ipari méretű kísérletnek tekinthető — épületnél szerzett tapasztalat azt igazolja, hogy a könnyűszerkezetes építési rendszer követelményeinek elsajátítására a hazai építési szervezetek alkalmassá tehetők. A műszaki tervezés élénk érdeklődést mutat a rendszer iránt és fennakadás nélkül gyorsan elsajátíthatja hatékony alkalmazását.

A hazai kutatás több vonatkozásban megelőzte a rendszer bevezetését. Szilárdságtani, stabilitási vizsgálataival a hazai méretezési szabályzatok készítését megalapozta. Az épületfizikai vizsgálatok terén is olyan jelentős eredmények születtek, amelyek a rendszer bevezetésénél és továbbfejlesztésénél felmerülő problémák megoldásához megnyugtató alapot adhatnak. Hasonló a helyzet a légtechnikai kutatások terén is. A szükséges — és részben kialakult — előfeltételek között kell említeni a hazai számítástechnikai bázist is, amely nélkül a könnyűszerkezetes építési rendszer statikai, szilárdságtani, épületfizikai, gépészeti, méretezési feladatai, gyártási, szállítási, szerelési, szervezési feladatai optimálisan nem oldhatók meg.

Ezért nem elég egyszerűen a könnyűszerkezetekről beszélni, hanem sokszor és sok helyen kell a széleskörű hazai és nemzetközi kooperációt igénylő könnyűszerkezetes építési rendszer műszaki gazdasági problémáit elemezni. Ez a rendszer számtalan érdekes kutatási témát vet fel a műszaki tudományok terén, de döntő fontosságúvá mégis az teszi, hogy a népgazdaság egészséges fejlődését szolgáló iparpolitikai célkitűzések között kell szerepet kapnia. Nem egy tényező világosan utal arra, hogy a hazai iparágak fejlettségi szintje és a szükséges szakemberek felkészültsége lehetővé teszi, a termelőerők optimális kihasználására való törekvés pedig szükségessé teszi, hogy e területen kiemelten gyors fejlődést éadjunk el.

Talán nem kell félni attól, hogy az elméleti kutatók saját közvetlen kutatási területük lebecsülésének fogják tekinteni azt a kijelentést, hogy ma a könnyűszerkezetes építési mód gazdasági problémáinak elemzésére kell a legnagyobb erőt szentelni. Hiszen a könnyűszerkezetekre vonatkozó mechanikai, anyagtani és fizikai kutatásaink egy-két évtizeddel a gazdasági kutatások előtt járnak!

Félreértések elkerülése végett hangsúlyozni kell, hogy a könnyűszerkezetes építési rendszer megjelölés — többek véleménye szerint, tehát nem elfogadott definíció alapján — mit rejt magában. Országos — és országhatáron túlon is terjeszthető — elemrendszeren, méretkoordináción, kapcsolási-szerelési rendszeren, ipari tömeggyártáson alapuló nyílt építési rendszer ez. Anyagi és szerkezeti tulajdonságainak alapos ismerete megfelelő számítástechnika segítségével — optimális csoportosításban — lehetővé teszi az épületsúlyok, a szállítási igények, a munkaerőigény — és ezen belül külön-külön is a gyártási, építés-szerelési és fenntartási munkaerő igény — kivitelezési időtartam minden eddigit meghaladó csökkentését, az épület használati értékének (ezen belül kiemelten minőségének) növelését.

A könnyűszerkezetes építés — mint módszer — kialakulása hosszú folyamat eredménye. Gyökerei visszanyúlnak az iparosítás kezdetéig, a vas, az acél üzemi gyártásának megindulásáig. Hangsúlyozni kell, hogy a könnyűszerkezetes építési rendszer fogalmához nemcsak az acél és fémszerkezetekből készített épületek tartoznak. Azonban a fémszerkezetek megmunkálásának módja, a gyártási rendszere és az előkészítés során biztosítható mérettűrés meghatározója a szerkezeti rendszernek. Így azt kell mondani, hogy mintegy 200 esztendővel ezelőtt az öntöttvas hídépítési és magasépítési alkalmazása nyitotta meg a fejlődés útját. Szorosabban véve a hengerelt szerelvényeknek 150 évvel ezelőtt történt szabadalmaztatása nyitotta meg az utat az acélszerkezetek széleskörű alkalmazása előtt. Igazi előképeként a londoni kristálypalota, vagy Jams Bogardus New York-i többszintes épülete említhető. Mindkettő 120 évvel ezelőtt épült, s az acél, illetőleg öntöttvas vázszerkezeti előregyártás érdekes példája. Talán gyorsabban kifejlődött volna a könnyűszerkezetes építési mód, ha zseniális ötletként az acél és a beton házasságából nem született volna meg a vasbeton és ezzel hosszú időre az épületszerkezetek döntő alapanyaga. A vasbetonnal a magasépítés és a mérnöki építés egyaránt hosszú időre megtalálta azt a fontos tömeganyagot, mely jól formálható és gazdaságos építési anyagnak bizonyult. Fejlődése döntően a XX. század első felében bontakozott ki az anyag fontos tulajdonságainak vizsgálata alapján, felhasználva azt a fejlődést is, amely éppen hatására a tartószerkezetek számítása területén következett be. Erre az időszakra esik a nagyszilárdságú betonok előállításának, a feszített vasbetonszerkezetek gondolatának felvetése, kidolgozása és széleskörű alkalmazása, valamint az épület- és héjszerkezetek elméleti és gyakorlati alkalmazásának robbanás-

szerű fejlődése is. A vasbetonszerkezetek fejlődése erősen befolyásolta az acélszerkezetek fejlődését is. Már századunk közepén felmerült a két anyag, az acélváz és a vasbetonváz versengése. Világossá vált, hogy az előregyártott vasbetonszerkezetet alkalmazásának előnyei sem mindig teszik versenyképessé az acélszerkezetekkel szemben. Hazánkban a nagyelemes előregyártás különösen jelentős fejlődésen ment keresztül, s jóformán minden lehetőséget feltártak a nagyelemes gyártás elméletével és gyakorlatával foglalkozó szakembereink. De az is világossá vált e közben, hogy különösen a nagy nyílású épületszerkezetek, hídszerkezetek területén a vasbeton nagy önsúlya feltétlenül hátrányos és a közönséges vasalású előregyártott szerkezetek vasbetonjába több betonacélt kell felhasználni, mint hasonló áthidalás acélszerkezetében. Ez az aránytalanság különösen olyan szerkezeteknél merült fel élesen, amelyeknél a szerkezet erőjátékában az önsúly dominál. Így érthető, hogy mind többen foglalkoztak nálunk is azzal, hogy keressék az acélszerkezetek és a vasbetonszerkezetek alkalmazási területeit ésszerűen elhatároló vonalat.

A beton, illetőleg vasbetonszerkezetek és az acél, illetve fémvázak szerkezetek konkurenciája erősen befolyásolta az utóbbi fejlődését. Szükségszerűen kialakultak a gazdaságos, melegen hengerelt acélszerkezeti profilok, amelyeknek szilárdsági és stabilitási tulajdonságai kedvezőek és a mellett egyszerű, gyors kapcsolási lehetőségeket biztosítanak. A fejlődés jelentős stádiumaként megindult a könnyű, azaz lemezből hidegen kialakított acélprofilok gyártása is. A vékonyfalú acélszerkezetek alkalmazása sürgette a korróziós problémák megoldását és erre ma már több megnyugtató eljárás ismeretes. A megtisztított, tűzihorganyzott és több réteggel bevont acélszerkezetek korróziós védelmét 15—25 évre is garantálja egyik-másik szabadalom tulajdonosa.

Érthető, hogy elsősorban az iparilag fejlett országokban keresték azt az építési formát, amelynél a szűkösen rendelkezésre álló építési munkaerő jelentős része megtakarítható és ezért figyelmük az olyan eljárásokra terelődött, melyeknél a szerkezeti elemek, ugyanúgy mint a gépkocsi gyártásnál, futószalagon nagy készültségi fokon állíthatók elő.

Az építőipari munkaerő árának fokozódása — különösen a munkaerő kínálat beszűkülése miatt — egyre inkább sürgette a megfelelő megoldást. Azt mondhatjuk tehát, hogy a technikai előfeltételek a II. világháború idején mindenképpen megérették arra, hogy a háború idején az angolszászok gyorsan megoldandó épületigényeit ilyen szerkezetekkel fedezzék. A szükség tehát létrehozta azokat a kapacitásokat és szervezeteket, amelyek éppen a problémák sűrűsödése idején behozták a létjogosultságukat.

A könnyűszerkezetes építési mód második világháború utáni kifejlődésének legfontosabb tényezői tehát a nyugati államokban a következők voltak: A társadalom építési igényeinek rohamos növekedése; az építményekkel szembeni funkcionális és esztétikai követelmények növekedése; az anyagi

termelés egyéb ágainak készsége — esetenként gazdasági kényszerűsége — és műszaki felkészültsége arra, hogy közreműködjek az építési igények kielégítésében. Lényegében véve e három tényezőtől levezethető minden egyéb olyan másodlagos hatás is, amely az új építésmód általános elterjedésének megindulásához vezetett. Az építésmód sokféle előnye, mint pl. a nagyfokú termelékenység, rövid építési idő, szállíthatóság, tömeggyártási, gépesítési lehetőség stb., mind indokolja a szóban forgó építésmód alkalmazását, de ezek fejlődésére, illetve elterjedésére gyakorolt serkentő ereje csakis az említett három feltétel összefüggő rendszerében jut érvényre.

Hazai viszonylatban a könnyűszerkezetes építésmód elterjedésében döntő szereppel bír az építőipar objektív fejlesztési tendenciájának a felismerése. Ez szolgált elsődlegesen alapul ahhoz, hogy az építőipari műszaki fejlődés állami irányításának központi fejlesztési programjává váljék a könnyűszerkezetes építésmód általános bevezetése. Az eddigi, jórészt külföldi fejlesztési eredmények hazai hasznosításaként megvalósult építmények műszaki és gazdasági jellemzői, kivitelezésük során szerzett tapasztalatok igazolták, hogy nálunk is megérették a feltételek az új építési rendszer általános bevezetésére. Ehhez az említett három alapvető feltétel, az igények és a termelőerők fejlettségi színvonalát illetően lényegében megteremtődött, illetve néhány országos intézkedés végrehajtásaként fokozatosan megteremthető.

A könnyűszerkezetes építés általános bevezetésének feltétel-rendszerében olyan tényezőknek van fontos szerepük, mint az építőiparral szembeni igények növekedése, az ipari háttér fejlődése, a kivitelezés szervezeti feltételei, a könnyűszerkezetes építés szervezési problémái, a számítástechnika alkalmazásának lehetőségei és végül a megfelelő szakkaderek fejlesztésének követelmény rendszere. Mint már említést nyert, a rendszer bevezetéséhez szükséges elméleti, mechanikai, anyagtani, fizikai stb. kutatások színvonala elég magasan áll ahhoz, hogy a rendszer ilyen oldalról vett előfeltételei kielégítettnek legyenek tekinthetők. Nem áll azonban fenn ez az építési előírásokra, szabályokra vonatkozóan. Ugyanis építési szabályzataink ma minden további nélkül nem alkalmasak arra, hogy a könnyűszerkezetes építés optimális alkalmazását lehetővé tegyék. Különösen vonatkozik ez a tűzrendészeti előírásokra, melyeket újólaj végig kell gondolni ahhoz, hogy az épületek biztonságos használatát egyrészt az optimális kialakításnak, másrészt a társadalmi igényeknek megfelelően biztosíthassuk.

Az építőiparral szemben támasztott igényeket a közelmúltban az Országgyűlés által elfogadott IV. ötéves terv rögzíti. E szerint az építőipar teljesítő-képességét, a termelőerők és a szervezeti formák sokoldalú fejlesztésével olyan mértékben kell növelni, hogy a fizetőképes kereslet kielégítése fokozatosan lehetővé váljék. Az építési szerelési tevékenység évi átlagban $7 \div 8\%$ -kal növelendő és a IV. ötéves tervre előírányzott mintegy 45% -os évi kapacitás-növekedést $70 \div 75\%$ -ban termelékenység emelésével kell elérni. Az ötéves

terv konkrétan előírja, hogy az építőipar tevékenységét elsősorban a fokozódó iparosodás, a munkafolyamatok egyre nagyobb részének komplex gépesítése, a gyors építési eljárások bevezetése, a korszerű anyagok, fémszerkezetek, különösen a könnyűszerkezetek széleskörű alkalmazása, a gyors kivitelezés érdekében történő koncentráció, az építési folyamatok szerelő jellegének elterjedése jellemezze. Világosan előírja azt is, hogy az építőipar fejlesztési koncepciójában a házgyári és közműépítési kapacitások fejlesztése, a gépállomány korszerűsítése, bővítése, a komplex gépesítés fokozása mellett döntő helyen és döntő céllal a könnyűszerkezetes építési mód általános bevezetése szerepeljen kiemelkedő feladatként.

A komplex könnyűszerkezetes építési mód koncepciójának tervezete az új építési rendszert olyan épületfajtáknál javasolja bevezetni, amelyeknél a rendszer előnyei a leghatékonyabban jelentkeznek. E koncepció szerint 1975-re el kell érni, hogy a mezőgazdasági épületek 38%-ban, a hűtött tárolók 100%-ban, az ipari raktározási épületek 15%-ban, a kereskedelmi és közösségi épületek mintegy 28%-ban, tehát a felsorolt épületfajták összesen mintegy 25%-ban könnyűszerkezetes rendszerben valósuljanak meg. Ez mintegy 2 millió m² hasznos épület alapterületnek felel meg.

Összehasonlítva hazánk és a nyugati államok helyzetét a könnyűszerkezetes építésmód kialakulására hatást gyakorló tényezők szempontjából, azt a megállapítást tehetjük, hogy ha szerényebb mértékben is, de nálunk is megfigyelhető az iparvállalatok készségének kibontakozása abban a tekintetben, hogy az építőipar számára eddig ott nem alkalmazott új anyagokat és szerkezeteket ajánljának fel. A készség azonban nem terjed ki a könnyűszerkezetes rendszer minden komponensére, a közreműködés komplex jellege még nem fejlődött ki teljesen. A IV. ötéves terv időszakában e vonatkozásban gyökeres fordulat bekövetkezésével kell és lehet számolni. Az ipari vállalatok egész sora nagyarányú intézkedéseket készít elő annak érdekében, hogy a könnyűszerkezetes építés általános hazai bevezetéséhez termékeivel bekapcsolódjék. Például a kohászati üzemeknél végzett piackutatás feltárta, hogy jórésztük bővíti a könnyűszerkezetes építésmód keretében felhasználásra kerülő anyagok és szerelésre kész elemek gyártását. Problémát jelent azonban, hogy a korszerű gyártás gazdaságos sorozatnagysága fölötté van jelenlegi és közeljövőben várható hazai termékigényeinknek. E vonatkozásban igen nagy jelentősége van annak, hogy időben ismerjük fel azt az objektív fejlődési törvényt, hogy kis országban világszínvonalon álló technikát és technológiát csakis a nemzetközi munkamegosztás figyelembevételével lehet megvalósítani. Hasonló törekvések és követelmények jelentkeznek a gépipar területén is. Sok vállalat tanúsít érdeklődést az építőipar által reprezentált új piaci terület iránt. Azonban törekvésük ma még nem eléggé koordinált.

Könnyszerkezetes építési mód a kapcsolódó iparágak kiváló minőségű építési célokra gyártott termékeit igényli. A termékek paraméterei, méretük,

alakjuk, fizikai, szilárdságtani tulajdonságaik, minőségük, pontosságuk, felületkezelésük tudatos kutatási munka eredményeképpen alakult ki, illetőleg alakulhat ki. A kapcsolódó iparágak fejlesztése ezért a könnyűszerkezetes építési módban fontos programot kell hogy lásson. A termékek anyagának sajátosságai, formálhatóság, könnyűség, manipuláció, a legkorszerűbb nagy sorozatú ipari építési elemgyártást az ipari sajátosságok érvényesülését teszik lehetővé és szükségessé. Az építési elemek száraz csomópontú mechanikai kötése nagy pontosságú épületösszeszerelési eljárás megvalósítását igényli. A többcélú felhasználhatóság érdekében kidolgozott szerkesztéssel, modulkoordinációval, illetőleg a modulált építési mód alkalmazásával nemcsak variálható igény szintű építmények előállítását teszi lehetővé, hanem hatékonyabbá teszi a tervezési, gyártási és szerelési tevékenységet és kihatással van az építéstechnika egészének fejlődésére is. A modulált szerkezetek alkalmazása korszerű művelet-szervezést, programozást tesz lehetővé és szükségessé: a tervezésben, gyártásban, szerelésben egyaránt ezzel az elektronikus számológépek ésszerű használatát segíti elő.

A könnyűszerkezetes építésmód gazdasági hatékonyságának megítélésében mindenképp azt kell figyelembe vennünk, hogy a műszaki fejlődés objektív tendenciáinak érvényesülését, illetve kibontakozását gazdasági problémák csak átmenetileg hátráltathatják. A fejlődési tendenciák törvényszerű jellegéből következik ugyanis, hogy azok kibontakozásának alapját a magasabb műszaki színvonal és a nagyobb fokú hatékonyság összhangja jelenti.

Más kérdés az, hogy minél korszerűbbé válik bármely termelési ágban a technika, technológia gazdasági hatékonysága, annál inkább a termelési sorozatnagyság függvényévé válik. Következésképpen a korszerű technika és technológia gazdasági hatékonysága — jellegével nem összhangban álló alacsony termelési sorozatnagyság esetében — jóval kisebb lehet, mint a kevésbé korszerűé.

Ha tehát abból indulunk ki, hogy a könnyűszerkezetes építésmód műszaki oldalról a gépesített nagyüzemű tömeggyártás építőiparban való megvalósításának alapvető formáját jelenti, akkor ezt a műszaki fejlesztési koncepciót a gazdasági vonatkozások tekintetében is a tömeggyártási feltételekhez igazodóan kell hazánkban érvényre juttatni, illetve bevezetni.

E megfontolásból következik, hogy a könnyűszerkezetes építés ipari háttérének létrehozásában a lehetőségekhez képest maximális termelési koncentrációra kell törekedni. Nem remélhető az építésmód alkalmazása során felhasználásra kerülő anyagok tekintetében a kívánatos árszínvonal elérése, ha azok gyártásában széleskörű horizontális munkamegosztás fejlődik ki.

A hatékonyság megítélésének másik fontos problémája a nemzetközi és hazai összehasonlítás. A könnyűszerkezetes építésmód jellemző sajátossága, hogy az építőiparban jelentkező fajlagos (1 m² alapterületre jutó) *élőmunka-*

igénye jóval kisebb, mint a hagyományos építésmódoké. Ismeretes az is, hogy termelőerők technikai bázisának költségei lényegében a világpiaci árszínvonalon, vagy azt meghaladó szinten jelentkeznek a termelési költségekben. Ezzel szemben a termelés élőmunka költségei — vállalati szinten — jóval alacsonyabbak, mint újratermelésük népgazdasági szinten számított költségei, illetve alacsonyabbak, mint azokban az államokban, amelyekben az állami költségvetés a munkaerő újratermelési költségeinek a mienknél viszonylag kisebb hányadára szolgál fedezeti forrásul.

Ennek következtében a könnyűszerkezetes építésmód jelenlegi — és a közeljövőben várható vállalati szinten vizsgált költség — (és ár) színvonala a hazai hagyományos építéshez képest magasabb, a külföldi könnyűszerkezeteshez képest viszont alacsonyabb lesz. Hosszabb távlatban — az ipari háttér termelési sorozatnagyságának növekedésével azonban számolni kell azzal, hogy a hazai árszínvonal fokozatosan csökkenni fog.

Mindebből azt a következtetést kell levonni, hogy a könnyűszerkezetes építésmód hazai ipari háttére megvalósítandó nagyságrendjének meghatározásánál az optimális gyártási sorozatnagyságot kell elsődlegesen alapul venni, nem pedig a hazai szükségleteket. Az építésmód műszaki jellege lehetővé teszi a gyártott szerkezetek országon túli gazdaságos szállítását, az építés minimális helyszíni élőmunka igénye, valamint rövid átfutási ideje pedig az építés exportját.

A hatékonyság megítélésének harmadik problémája a *kivitelezési időtartam*. Építményeink költsége (és lényegében ára is) a rájuk fordított élő- és holtmunka újratermelési költségeinek alapján kerül megállapításra. Az időtartamnak az árak alakulásában számottevő szerepe nincs.

Gyakorlatilag azonban minden építtető — különösen a termelő létesítmények építtetői — pontosan meg tudja határozni, hogy egy-egy létesítmény tervezettnél korábbi, illetve későbbi üzembehelyezése milyen előnyökkel és hátrányokkal jár. Különösen olyan ipari létesítmények kivitelezésénél nagy az időtényező jelentősége, amelyekben folyó termelési-technológiai folyamatok erkölcsi elavulása gyors, vagy nagy érdekek fűződnek az új gyártmányokkal való mielőbbi piaci jelentkezéshez.

A sebesség növekedése a tudomány és a technika minden területén érvényesülő — és az általános haladást leginkább jellemző — tendencia. A gazdasági hatékonyság növelésének éppen úgy kritériuma az eszközök forgási sebességének gyorsítása, mint ahogy a műszaki hatékonyság növekedése a technikai alkatrészek, berendezések mozgási sebességének növekedő tendenciájában jut kifejezésre.

Ezért az időtényező szerepének a jelenleginél sokkal nagyobb jelentőséget kell tulajdonítani.

Ebből a szempontból vizsgálva a könnyűszerkezetes építés gazdasági hatékonyságát, arra a következtetésre kell jutni, hogy az építési idő radikális

rövidítése népgazdasági szinten lényegesen nagyobb pozitív hatást von maga után, mint a viszonylag magasabb árszínvonal negatív hatása.

A könnyűszerkezetes építés népgazdasági jelentősége helyes megítélésének alapvető kritériumai tehát a következők:

a) A termelés tömegszerűségi fokának növekedése objektív gazdasági törvény, az országnagyságoké viszont nem. Hazánk építési technika fejlődésével lépést tartani csak a nemzetközi munkamegosztás alapulvételével tud.

b) Az élőmunkaigény fajlagos mennyiségének csökkenésével az építőipari árakban egyre kisebb részarányt képviselnek azok a ráfordítások, amelyek újrateherelési költségéhez az állami költségvetés jelentős mértékben hozzájárul.

c) A kivitelezési idő csökkenése az országon belüli osztálytársadalmi termelőmunka hatékonyságát növeli azáltal, hogy az általános fejlődési ütemet gyorsítja.