

Épületszerkezetek és Struktúrák.

I. rész. Az épületek csoportosítása a tartószerkezeti váz alapján

Building's constructions and structures.

Part I. The classification of buildings by supporting structures

G. LÁMER

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék
glamer@eng.unideb.hu

Absztrakt. A tanulmányban az épületszerkezetek körében értelmezhető struktúrákkal foglalkozunk. A jelen I. részben az épületszerkezeteket funkcióik alapján csoportosítjuk. Két főbb csoport különíthető el. A tartószerkezeti csoportot vizsgálva megmutatható, hogy az épületek a tartószerkezeti váz alapján jól csoportosíthatók. A függőleges teherhordó szerkezeti elemek – falak és pillérek – nyújtotta négyelemű csoportosítás – falváz, pillérváz, vegyesváz, valamint a fal és pillér nélküli tartószerkezeti vázas épületek – túlságosan egyszerű csoportosítást tesz lehetővé. A falak és pillérek, valamint az ettől eltérő tartószerkezeti vázak eltérő építéstechnológiáit figyelembe véve már egy többelemű csoportosítás adható. Az egyes csoportokon belüli a falak és pillérek, valamint a födégek kapcsolata alapján különböző alcsoportokat lehet értelmezni.

Abstract. In the paper we deal with the structures interpreted among the buildings constructions. In the present, first part we classify the buildings constructions by their functions. Two main groups can be formed. Analysing supporting construction group can be shown that the building can be well classify by supporting constructions. The classification based on vertical supporting constructions like wall and column gives four-element classification: wall frame, column frame, mixed frame and frame without vertical supporting constructions. This classification is very simple. Take into consideration of the buildings technology of walls and columns there can be given a classification whit more elements. Different subgroups can be interpreted using connections of walls and columns with floor construction in the certain groups.

1. Bevezetés

Az épületszerkezeteket az épületszerkezettan keretén belül rendszerint leírjuk. Ez alatt azt értjük, hogy megadjuk egy-egy épületszerkezet kialakításának a módját, milyen építőanyagból

készül, mi az elrendezése, mi a rétegtrendje, hol helyezkedik el az épületben, milyen más épületszerkezetekhez kapcsolódik, esetenként egy-két technológiai, kivitelezési fogást is megadunk. A leíró szemlélet keretén belül többnyire ismertetjük az egyes épületszerkezettel szemben támasztott elvárásokat, netán jelezzük, hogy ezzel, vagy azzal a hatással szemben ellenállni képes épületszerkezetet a szóban forgó hatásra méretezni szükséges, de az épületszerkezet leírása magát a méretezést nem tartalmazza. Ezzel szemben tapasztalati alapon megadjuk a leggyakrabban alkalmazott, vagy alkalmazni javasolt méreteket. [3-6, 22, 12, 13, 23-24, 8-11, 1-2, 17]

A Breymann [3-6] szerkesztésében megjelent négykötetes mű két szempontból is figyelmet érdemel. Az egyik, hogy tartalmaz tartószerkezeti méretezést. A méretezési eljárást olyan mélységben ismerteti, hogy egy épülethez szükséges egyszerűbb tartószerkezet főbb méreteit elegendő pontossággal meg lehessen határozni. Nem ismerteti magát a méretezési eljárást, a többismeretlenes egyenletrendszer megoldását stb., hanem a hangsúlyt az igénybevétel meghatározására, valamint a szelvény kiválasztására helyezi. A tartószerkezetek négy fő anyagára – kő-tégla, fa, acél, vasbeton – egy-egy tartószerkezet-félének a méretezésére szorítkozik. Kő-tégla esetében a boltozatra, fa esetén rácsos tartóra, acél és vasbeton esetén különböző rúdszerkezetekre. A másik eltérés egy mai épületszerkezettani könyvhöz képest, hogy a ma az épületszerkezettan körébe sorolt szerkezeteken kívül foglalkozik az épület felszerelésével, ahogyan pl. ezt Lechner Ödön [19-21] enciklopédiájában is láthatjuk. Ez utóbbi jelenség kapcsán úgy véljük, hogy ami a XIX. sz. végén elterjedt volt, az a múlt század elején megváltozott: az épület felszerelése kikerült az épületszerkezettan köréből.

A leíró ismertetésen belül az épületszerkezetek sorrendje különböző. Van, hogy az ismertetés az építőanyagot helyezi előtérbe (a sorrendet nem az épületszerkezet, hanem az építőanyag anyag adja, lásd pl. Breymann [3-6], Lámer [17]). Van, ahol az épületszerkezeteket az építés sorrendje [1-2], vagy az építési szakmák szerint csoportosítják [8-11, 23-24]. Elviekben nincs jelentősége, hiszen a leírás sorrendjének nincs köze ahhoz, hogy egy épület egészét megértsük [8-11, 12, 13, 14].

Az épületszerkezeteket csoportosíthatjuk funkciójuk szerint. A funkcionális csoportosítás alap gondolata két szálon fut. Az egyik a következő. Minden szilárd testre, így az épültre is, hat a Föld gravitációs mezeje, továbbá a légkör nyomása, az épületben elhelyezett tárgyak, illetve az épületet használó emberek súlya. Ezért az épületszerkezetek egy csoportjának a feladata a teherhordás. A másik „szál” annak a ténynek a rögzítése, hogy minden épület alapfunkciója, hogy emberek huzamosabb tartózkodásához (többnyire zárt) teret biztosítson. A hangsúly ebben az esetben nem a tér biztosításán van; ez elsősorban a tartószerkezethez és a térelhatároláshoz kapcsolódik. A hangsúly a *huzamosabb tartózkodáson* van. Ez utóbbihoz, zárt térben, legkevesebb három anyagféleséget kell biztosítani: fényt, hogy lássunk, friss levegőt, hogy lélegezzünk és a hőmérsékletet egy szűk tartományban kell tartani, hogy jól érezzük magunkat. Az épületfizika szempontjából további anyagféleségre, vagy hatásra is figyelemmel kell lennünk, később kitérünk ezekre is. Előzetesen jelezzük, hogy ezeknek az anyagoknak a forgalmát

„tiltjuk”, azaz kizárjuk annak a lehetőségét, hogy az épületbe bejusson a víz, a hang, a rezgés. A két alapgondolatnak megfelelően az épületszerkezeteket két nagy csoportba osztjuk: a terhet hordó épületszerkezetekre, azaz tartószerkezetekre, és a használhatóságot biztosító épületszerkezetekre, mint például válaszfalak, ajtók és ablakok, redőnyök, kémények és szellőzők.

Az épület tartószerkezetei különböző elrendezésekben különböző tartószerkezeti vázat képeznek, különböző struktúrákat alkotnak. Egyrészt maguk a tartószerkezeti elemek alkotnak struktúrát, például beszélünk falvázás, vegyesvázás vagy pillérvázás épületekről, de vannak olyan épületek is, amelyben sem fal, sem pillér nem játszik teherhordó szerepet, mint például a kötél- és a ponyvaszerkezetek. Másrészt egy-egy tartószerkezet is lehet strukturált, gondoljuk egy födémre, amely lehet homogén (pl. egy vasbeton lemez), vagy egy irányba strukturált (mint a ritkagerendás födém béléstesttel, béléstálcával), vagy két irányba strukturált (mint a tartórács) [15,16].

Látszólag csak a tartószerkezetek alkotnak struktúrát. De a használhatóság biztosítása is strukturálható: teret kell létrehozni, a tereket össze kell nyitni és el kell választani, a tereket meg kell közelíteni, a tereket meg kell óvni a környezeti hatásoktól, vagy legalábbis mérsékelni kell a hatásokat. Ez egyfajta struktúrát ad az épület használhatóságát biztosító épületszerkezeteknek is.

A fentiek alapján a tanulmány I. részében az épületszerkezetek funkcionális és strukturális csoportosításával foglalkozunk. A funkcionális csoportosításon belül az épületszerkezeteket tartószerkezetekre és használhatóságot biztosító épületszerkezetekre bontjuk. A tartószerkezeteket funkciójuk szerint tovább bonthatjuk a terheket az épületről a talajra levezető szerkezetekre és az erőjátékot stabilizáló-módosító szerkezetekre. A használhatóságot biztosító szerkezeteket funkciójuk szerint a térképzéshez kapcsolódó feladatok (térképzés, terek lezárása és összenyitása, terek megközelítése), valamint a tereknek a környezettől való izolálásához kapcsolódó feladatok (anyagforgalom szabályozása, anyagforgalom kizárása, védelem, felületképzés (burkolat), megjelenés (esztétika)) szerint csoportosítjuk. Az épületszerkezetek közül elsősorban a tartószerkezeteket csoportosítjuk a strukturális jellemzők alapján. A tartószerkezeti váz alapján különböztetjük meg a különböző épülettípusokat. A csoportosítás alapjául a függőleges tartószerkezetek – falak és pillérek – szolgálnak, míg a másodlagos csoportosításra a födémekkel való kapcsolat ad lehetőséget.

2. Az épületszerkezetek funkció szerinti csoportosítása

2.1. Az épületszerkezetek két nagy csoportja

Az épületszerkezeteket két nagy csoportba osztjuk. Az egyikbe a tartószerkezetek, a másikba az épület használatát lehetővé tevő épületszerkezetek tartoznak.

2.2. Tartószerkezetek

A tartószerkezetek közé rendszerint az alapokat, a függőleges és vízszintes teherhordó szerkezeteket, valamint a tetőket, továbbá a lépcsőházak és liftaknák falait, illetve a lépcsőkarokat és a lépcsőpihenőket szokás sorolni. A tetőszerkezet, a födémek, a falak és pillérek, továbbá az alapok az épület erőjátékát alakítják: ezek az épületszerkezetek veszik föl az épületre ható terhelést és közvetítik, egymáson keresztül, a talajra. A *használat* szempontjából a lépcsőházak és liftaknák falai, illetve a lépcsőkarok és a lépcsőpihenők terhet hordó szerkezetek. De az épület egészének a használhatósága szempontjából ezek az épületszerkezetek elsősorban az épületen belüli közlekedést és szállítást teszik lehetővé. Sőt, az épület tartószerkezeti vázát tekintve, rendszerint nem is tartószerkezetek: a lépcsőkarok és lépcsőpihenők eltávolítását követően az épület stabilan áll, nem dől össze. Ezen túlmenően, ugyan a lépcsőházak és liftaknák falaira szokott födémlemez (nem ritkán tetőszerkezet is) terhelni, valamint ezeknek a falaknak számottevő lehet a merevítő szerepük, de ha eltávolítanók ezeket a falakat, akkor rendszerint az épület tartószerkezeti vázának a túlnyomó többsége stabilan megállna. Ennek okán a lépcsőházak és liftaknák „kivesszük” a tartószerkezetek köréből. És fordítva, úgy érvelünk, hogy ha egy fal szerves része az épület tartószerkezeti vázának, de e mellett lépcsőkarokat, és/vagy lépcsőpihenőket hord, vagy aknát képez, akkor a teherhordás mellett egy másik funkciót is ellát. Azaz a lépcsőház és a liftakna nem az épület tartószerkezeti vázához, hanem az épület használhatóságához, nevezetesen a közlekedés biztosításához tartozik.

A tartószerkezetek közé tartozó szerkezetek fentebb említett négy (alap, fal/pillér, födém, tető) csoportja mellett néhány további épületszerkezetnek is van szerepe az épület erőjátékában. Ilyenek a vonóvasak, a falkötő vasak, a különböző merevítő falak és merevítő rácsosítások, a támpillérek, a különböző leterhelő súlyok. Ezek a tartószerkezeti elemek alapvetően nem az épület egészének erőjátékában vesznek részt, hanem merevítő, és/vagy erőjátékot módosító szerepük van.

A tartószerkezeteket tehát a funkciójuk alapján csoportosítjuk. Egyes tartószerkezeti elemek ténylegesen hordanak terhet, ezeket tekintjük elsődleges teherhordó szerkezeteknek, mások merevítenek, vagy módosítják a teherhordó szerkezetek erőjátékát, ezeket tekintjük másodlagos teherhordó szerkezeteknek. Ezt figyelembe véve a tartószerkezetet az alábbi két nagyobb csoportba osztjuk be; egyúttal megadjuk a két csoportba tartozó épületszerkezeteket is.

Elsődleges tartószerkezetek

- Alapok
- Falak (kiváltókkal együtt) és pillérek/oszlopok (mestergerendákkal együtt)
- Födémek (kiváltókkal együtt), konzolok, erkélyek, függőfolyosók
- Tetőszerkezetek és térlefedő szerkezetek

Tetőszerkezet alatt az épületet lefedő, az épület falaival, zárófödémével együtt zárt teret képező szerkezetet (pl. hagyományos ácsszerkezetű tetőt) fogunk érteni. Az épületet, netán csak a teret (a tartózkodás terét) lefedő, de falak híján zárt teret nem képező „tetőt” (pl. egy árbocra

rögzített, és több ponton a talajhoz rögzített ponyva, amelynek a pereme alatt szabad közlekedés biztosított) tekintjük térlefedésnek.

Másodlagos tartószerkezetek

- Merevítő szerkezetek:
 - merevítő falak és merevítő magok;
 - merevítő rácsok–rudak (andráskereszt, szélrács).
- Erőjáték módosító (stabilizáló) szerkezetek:
 - leterhelő súlyok,
 - támpillérek (erőlevezető szerkezetek),
 - vonóvasak,
 - hevederek,
 - falkötő vasak.

A fenti csoportosításból látható, hogy az a lépcsőházi fal, amely egyúttal az épület merevségének a biztosításában szerepet játszik, az épület szempontjából másodlagos tartószerkezet. Értelemszerűen, a lépcsőn való közlekedés szempontjából, azaz a lépcsőfokok megtartása szempontjából a lépcsőházi fal „elsődleges”, maga a lépcsőfok „másodlagos”, a lépcsőfok szélén a leesés ellen védő korlát „harmadlagos” tartószerkezet. Mint az látható, a lépcsőfokok szerepe az épületek erőjátékában nem számottevő, és mint az épületek tartószerkezeti vázának osztályozásából kiderül, abban nem is játszik szerepet.

Megjegyzések. 1. A lépcsők, lépcsőfordulók és lépcsőpihenők tartószerkezetek a szónak abban az értelmében, hogy előírt terhelést meg kell bírniuk, és mint ilyeneket szilárdságtanilag méretezni szükséges. Mivel az épület erőjátékában nem vesznek részt, de az épület hasznos terhével összemérhető terhet kapnak, másodlagos teherhordó szerkezeti elemeknek tekintjük. Ugyanakkor nem a tartószerkezetek, hanem a közlekedést biztosító épületszerkezetek között tartjuk nyilván. 2. A közlekedést biztosító épületszerkezetek (pl. lépcsőkar, függőfolyosó), a környezetéhez viszonyítva magasabban lévő járószint (pl. terasz, erkély) szélén lévő korlát és mellvédfal alapvetően két (rendszerint különböző járósíki) teret zár el egymástól, mindemellett a biztonságos közlekedést, illetve tartózkodást szolgálja. Ugyanakkor előírt terhelés felvételére alkalmasnak kell lennie: ki kell, hogy bírja a tömeg vízszintes nyomását. Ezeket az épületszerkezeteket harmadlagos tartószerkezeteknek tekinthetjük. Ugyanakkor nem a tartószerkezetek, hanem a térképző szerkezetek (falak, válaszfalak, álmennyezetek stb.) között tartjuk nyilván.

2.3. Használhatóságot biztosító épületszerkezetek

A használhatóságot biztosító épületszerkezetek csoportosításához az épületnek már említett kétirányú funkcióját fogjuk felhasználni: teret kell képezni és abban olyan környezetet kell létrehozni, amelyben az emberek huzamosabb időt képesek eltölteni. Ez a két funkció egyúttal

meg is adja a csoportokat. Az első funkció alapján teret kell képezni, az egyes tereket egymástól el kell tudni szeparálni, illetve össze kell tudni nyitni, a terek közötti közlekedés lehetőségét, azaz a terek megközelíthetőségét biztosítani kell. Ezeket a funkciókat röviden

- térképzés,
- terek elzárása és összenyitása,
- terek megközelítése (vagy közlekedés és szállítás)

néven fogjuk említeni.

A második funkció alapján a benntartózkodáshoz „elviselhető” környezetet kell létrehozni, az épületet az azt érő különböző hatások mérséklésére szigetelni kell, az egyes épületszerkezeteket a gyors tönkremeneteltől megóvandó védő bevonatokkal kell ellátnunk, továbbá a teret lehatároló felületeket olyannak kell képeznünk, hogy használható legyen a helyiség, végezetül gondot szoktunk fordítani a látványra is. Ezeket a funkciókat röviden

- huzamosabb tartózkodás feltételeinek biztosítása,
- a külső hatásokat kizáró szigetelések,
- a külső hatásoktól védő bevonatok,
- felületképzések,
- esztétikus megjelenítés

megnevezéssel fogjuk illetni.

A fentiek alapján a használhatóságot biztosító épületszerkezeteket az alábbi csoportokba osztjuk be.

Térképzés: nem teherhordó térelhatároló szerkezetek

- Vázkitöltő, „külső/belső” térelhatároló falak
- Válaszfalak, „belső/belső” térelhatároló falak
- Álmennyezet, álpadló
- Takarófal, szerelőfal, eldobozolás
- Korlát és mellvédfal

A térképzéshez soroltuk a gépészet számára létrehozandó takarófalat, szerelőfalat, illetve gépészeti vezetékeknek a használati tértől való elkülönítését vázra szerelt (pl. gipszkarton) lemezekkel történő eldobozolását is.

Ide soroltuk a korlátot és a mellvédfalat, amely két teret zár el egymástól, elsősorban a közlekedés lehetőségét korlátozza, a levegő áramlását, illetve a fény terjedését nem. (Ennek kapcsán lásd még a terek elzárását és összenyitását is.)

Terek elzárása és összenyitása

- Ajtó, kapu (nyílás és szerkezet)
- Ablak, portál (nyílás és szerkezet)

- Szellőző (nyílás és szerkezet)

A csoportosítás a nyílás funkciója alapján történt: ember és/vagy jármű átközlekedhet, ember nem közlekedhet át, de levegő, fény, vagy kisebb tárgy átjuthat a nyíláson, csak levegő cserére alkalmas a nyílás. Ezen belül tovább csoportosíthatjuk, hogy a nyílást elzáró szerkezet (zárt állapotban) minden anyagforgalmat tilt (pl. tömör táblás ajtó), a levegő és az anyag forgalmát elzárja, de a fényt beengedi (pl. nem nyitható üvegfelületű nyílás a tetőn), vagy a levegőt és fényt átengedi, de nagyobb tárgy átadását, vagy élőlény átjárását nem teszi lehetővé (pl. rács, fix lamellás szerkezet).

Terek megközelítése: közlekedés és szállítás az épületben

- Folyosó és mozgófolyosó
- Lejtő és mozgórampa
- Lépcső (létra) és mozgólépcső
- Hágcsó és lift

Itt a közlekedő hajlásszöge alapján csoportosítottunk, egyúttal utaltunk a gyalogos-gépi osztályozás lehetőségére is. Épületszerkezeti szempontból egy lépcsőkar és egy mozgólépcső tartószerkezete funkcionálisan azonos, legfeljebb kialakításban (és megépítésben) térnek el egymástól. Az sem zárható ki, hogy egyes gépi szintáthidalók nem épületszerkezetként, hanem gépészeti egységként „érkeznek” az épületbe, és az épületszerkezeti kialakítás feladata „fogadni” a gépészeti berendezést.

Huzamosabb tartózkodás feltételeinek biztosítása

Huzamosabb tartózkodásnak többféle feltétele van. Az egyik a légkör, mint környezet utánzása. A másik, ha benn tartózkodunk egy épületben huzamosabb ideig, akkor, hogy a testi szükségleteinket kulturáltan és korlátozás nélkül ki tudjuk elégíteni. Ezeket a kérdéseket funkcionális szinten szokás kezelni (háló helyiség, tisztálkodó helyiség, mellékhelyiség), és épületszerkezeti szempontból figyelmen kívül hagyhatók.

A térképzés önmagában hatással van a légköri jelenségekre: a térképzés mintegy kizárja a légköri hatások jelentős részét, például a csapadékokat, a szelet korlátozza, a hőmérsékletváltozást részben csökkenti, részben hatását csak a térelhatároló szerkezetek hőmérsékletváltozása (a hőmérséklet kiegyenlítődése) után engedi érvényesülni. Ez utóbbi olyan légköri hatás, amely még így is érvényesül. Ezért ezt szabályozni szükséges.

A fentiek alapján a huzamosabb tartózkodás feltételeinek biztosítása alatt a következőket értjük. A kialakított tereken belül

- a levegő hőmérsékletének korlátok között tartása (fűtés és hűtés),
- a friss levegő biztosítása (szellőztetés),
- a légáramlás korlátozása,
- a levegő páratartalmának korlátok között tartása (párásítás-páraelvonás).

Szokás ezeket a kérdéseket egyszerűen fűtés-hűtés-szellőzés kifejezéssel illetni (ahol a szellőztetésbe burkoltan beleérjük a páratartalom korlátok közötti tartását is). Rendszerint a légáramlással nem szokás foglalkozni, de még megemlíteni sem. Ma a mindennapi életünkben természetes, hogy nem fúj a szél, és hogy a levegő hőmérsékletét szabályzó légáramlatot nem érezzük az épületen belül. Ugyanakkor gondoljunk arra, hogy ez nem mindig volt így, elsősorban addig, amíg nem volt üvegtábla: a nyílást nem mindig zárták el. Egy másik szélsőséges eset a felhőkarcoló, amelyekben az ablak nem nyitható.

A korábban jelentős épületszerkezeti igénnyel bíró fűtés-hűtés-szellőzés jelentősen megváltozott, hiszen pl. épített kémény ma már nincs (precízebben: elvétve fordul elő), a fűtés és a hűtés függ a hő elleni szigeteléstől, a nyílászárók hőszigetelő tulajdonságától, a szellőztetés módjától. Maguk az *épített* hűtő-fűtő-szellőztető *járatok* megszűntek, helyükbe gépészeti vezetékek, vagy szerelt járatok léptek, az *épített* kályha, illetve jégverem helyett pedig valamely gépészeti berendezés szolgáltatja a hűtő-fűtő közeget. Tehát a fenti feltételek egy részét már nem biztos, hogy épületszerkezetek segítségével biztosítjuk.

A külső hatásokat kizáró szigetelések

Az épület egészét érő vizet kizárjuk, az épületet érő hő hatását mérsékeljük, a hanghatást rendszerint tompítjuk, és kizárjuk vagy tompítjuk az épületet érő rezgéseket is. Funkcionálisan ide tartozik a tetőről és a különböző párkányokról a vízelvezetés is. Rendszerint megkülönböztetjük a vízelvezetést a víz elleni szigeteléstől. Ezért a víz elleni szigetelés fogalmát két csoportba bontjuk.

Az épület az alábbi szigetelésekkel rendelkezik.

- Víz elleni szigetelés
 - vízelvezetés
 - szigetelés víz elleni szigetelő anyag elhelyezésével
- Hő elleni szigetelés
- Hang elleni szigetelés
- Rezgés elleni szigetelés

Az egyes szigetelések tovább bonthatók az alkalmazott anyag, a beépítés helye stb. alapján.

Megjegyzés. A hangsúlyt a külső hatásra tettük. Értelemszerűen mind a négy hatás keletkezhet az épületen belül. 1. Üzemi és használati víz. 2. A hőmérséklet szabályozásához fejlesztett „belső” hőt nem kívánunk elengedni, továbbá a hűtőkamra és a kazánház önálló hőszigetelést igényel. 3. Az épületben keletkező hangok tovaterjedését gátoljuk. 4. Az épületben elhelyezett rezgésforrást szigeteljük.

A külső hatásoktól védő bevonatok

Az épület egyes épületszerkezeteit az azokat érő egyedi hatásoktól védjük, rendszerint védőbevonatokkal látjuk el. A védőbevonatokat a hatások szerint különítjük el.

- Mechanikai hatások elleni védőbevonat

- Korrózió elleni védőbevonat (itt többnyire a víz okozta korrózióra gondolunk)
- Biológiai kártevők elleni védőbevonat
- Vegyi hatások elleni védőbevonat (itt többnyire az épületben tárolt, előállított, feldolgozott vagy a véletlenszerűen elfolyó vegyszerek hatására készülünk fel)
- Tűz elleni védőbevonat

Felületképzés

A felületképzés egyszerre biztosít kényelmes közlekedést a járőfelületen, jó érzést a falfelületen, véd a mechanikai behatástól, azaz védőbevonatot is képez, és végül esztétikus megjelenést is biztosít. Ide tartoznak a tapintható függőleges és járható vízszintes felületek képzésével kapcsolatos épületszerkezetek: falfelület, mennyezet és járőfelület képzése. A felületképzés szorítkozhat a felületet adó anyag felületének a megmunkálására (pl. érdesítés, vagy finomítás), de vonatkozhat valamilyen burkolat beépítésére, vagy bevonat felhordására is.

A felületképzéshez sorolható a tetőfelület kialakítás is, például egysoros vagy kétsoros cserépfedés, forrasztott vagy korcolt bádofedés stb.

A felületképzés esetén az alábbi lehetőségek különíthetők el.

- A felület megmunkálása anyagában
- Burkolat készítése
- Festés-mázolás, tapéta elhelyezése

Az egyes felületképzéseket megkülönböztetjük a burkolati síkok (fal, mennyezet, padló és tetősík), a burkoló anyagok (hideg és meleg), a megmunkálás módja (érdesítés, simává tétel, értsd csiszolás és polírozás), a bevonó anyaga (festék, máz, tapéta) alapján.

Esztétika (szépészet)

Ide azokat, az épületben elkészített, elhelyezett alkotásokat értjük, amelyek elsődleges célja a látvány szépségének növelése. Ezeket az alkotásokat rendszerint nem épületszerkezeteknek, hanem épületfestészeti, vagy épületszobrászati alkotásoknak tekintjük. Az alábbi lehetőségek jöhetnek szóba.

- Falfestés
- Plasztikák
- Applikációk
- Reliefek
- Szobrok

3. Tartószerkezeti struktúrák. Az épületek csoportosítása a tartószerkezeti váz alapján

Az épületek tartószerkezeti váz alapján történő osztályozása a korábbi eredményeinkre épül [15,16,18]

3.1. Az osztályozás szempontjai

Egy épület tartószerkezeti vázát függőleges elrendezésben három nagyobb részre bonthatjuk: az alapozásra, az épület törzsére és az épület tetejére.

Az épület alapozása az altalaj jellegét, teherbíró képességét tükrözi vissza. Egy falvázás épület alatt lehet sávalap (nem hajlított, hanem keresztmetszetében nyomott „gerenda”), pontszerű alap azokat összefogó tartórácscsal, vagy lemezalap (a talaj teherbíró képességének a függvényében). Egy pillérvázás épület alatt lehet szalagalap (hajlított gerenda), pontszerű alap azokat összefogó tartórácscsal, vagy lemezalap (a talaj teherbíró képességének a függvényében). Azaz a függőleges teherhordó szerkezet típusától (falváz, pillérváz) függetlenül alkalmazhatunk pontszerű, vonalszerű vagy felületszerű alapozási szerkezetet. Azaz az épület tartószerkezeti jellegét az alapozás nem határozza meg, az legfeljebb másodlagos jellemző lehet. Rendszerint azt állíthatjuk, hogy a választott alapozási forma és az épület váza többnyire összhangban vannak.

Az épület tetőszerkezete, lefedése egyrészt a lefedett tér alaprajzi méreteit jellemzi, másrészt az épület fölött látni kívánt formát tükrözi vissza. Ácsolt magastető készülhet falazott falvázás, illetve vasbeton vagy acél pillérvázás épületen. Egy öntött falvázás és egy vasbeton vagy acél pillérvázás épületnek egyaránt sík zárófödémje van. Ugyanakkor előfordul, hogy egy falazott, hagyományosnak mondható épület magastetejét elbontják és lapostetős fedést kap. És fordítva, egy eredetileg lapostetős épület (pl. a panelépületek egy része) ácsolt magastetőt kap. Azaz a magastető megléte, vagy hiánya nem jellemzi egyértelműen az épület tartószerkezeti vázát (legfeljebb azt állíthatjuk, hogy többnyire összhangban vannak). A kupola, vagy a kupolához hasonló héjszerkezet koronázhat falazott fal- és/vagy pillérvázás épületet, öntött falvázás, illetve acél, vagy vasbeton pillérvázás épületet. Azaz a kupola sem jellemzi egyértelműen, hogy az épületnek milyen is a tartószerkezeti váza. A nyeregvető alakjától és a kupolától eltérő fedések – itt elsősorban az elliptikus és hiperbolikus felületekkel jellemezhető kötél-, és ponyvaszerkezetekre gondolunk – lehetnek valamely épülettörzs lefedései (pl. csarnokok fedései), de lehetnek „önálló” épületek, például kötélhálóra rögzített ponyvából kialakított térlefedések, vagy túlnyomásos ponyvaszerkezetek.

Alapvetően tehát sem az alapozás, sem a tetőszerkezet nem jellemzi az épület tartószerkezeti vázát *egyértelműen*. A tartószerkezeti vázat elsősorban a függőleges tartószerkezetek, tehát a falak és a pillérek/oszlopok, határozzák meg.

Megjegyzés. A használhatóságot biztosító szerkezetek a különböző tartószerkezetű épületekben funkcionálisan megegyeznek. A stílus, a jelleg korról korra változik. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy egy korábban épült épület utólag ellátható a használhatóságot biztosító szerkezetek később kialakított változatával, és ebből a szempontból a használhatóságot biztosító szerkezetek „függetlennek” tekinthetők az épület tartószerkezetétől.

3.2. Az osztályozás

3.2.1. Az osztályozás szempontjai

A fentiek alapján az épületeket a függőleges teherhordó szerkezet alapján csoportosítjuk. Két függőleges teherhordó szerkezetünk van. Az egyik a fal, a másik a pillér.

Megjegyzés. Az építészetben az oszlopnak vannak egyedi jelentései, például kő-tégla építészetben oszlop alatt kör keresztmetszetű függőleges teherhordó épületszerkezetet szokás érteni, míg ácsszerkezetben, vagy rácsos tartóban a keresztmetszet jellegétől függetlenül, a függőleges teherhordó szerkezeti elemeket szokás oszlopnak nevezni. A tartószerkezet körében a pillér és az oszlop kifejezést egy és ugyanazon tartószerkezeti elem – függőleges helyzetű, vonalszerű tartószerkezet – megnevezéseként használjuk. A különbség a teherbírás nagyságában van: az oszlop kisebb, a pillér nagyobb teherbírással rendelkezik. Végül a meghonosodott szóhasználat – oszlopcarnokról beszélünk, de pillércarnokról nem, pillérváza-ról beszélünk, de oszlopváza-ról nem – alapján a pillér kifejezést használjuk az osztályozásban.

A kétféle függőleges tartószerkezet alapján négy csoport különíthető el:

- falvázas,
- pillérvázas,
- vegyesvázas

szerkezetek, valamint

- fal és pillér nélküli vázszerkezetek.

3.2.2. Falvázas épületek

A falvázas épületek a fal építési technológiája alapján három nagyobb csoportra különíthetők el: falazott falas, öntött falas, előregyártott, azaz blokkos és panelos. A falazott fal esetén a falazott pillér építéstechnológiailag, kialakítás szerint igen közel áll a falhoz, ennek megfelelően a falazott pillért nem választjuk el a falazott faltól.

Megjegyzés. Mint arra a későbbiek során utalni fogunk, a falazott fal és a falazott pillér is csak nyomóerő felvételére alkalmas. Ezért azonos szerkezeti elemként viselkednek. A vasbeton és az acélpillérek nem csak nyomást, hanem hajlítást is képesek felvenni, ezért más lesz ezekkel az elemekkel az épület erőjátéka.

Az első, tehát a falazott falas és pilléres épület, mint csoport, tovább bontható a földem típusa szerint: a földem lehet boltozatos és lehet sík, ennek függvényében az első esetben a függőleges teherhordó szerkezeti elemeknek a boltozattól származó vízszintes oldalnyomás felvételére alkalmasnak kell lennie, míg hajlított szerkezetű földem esetén vízszintes igénybevétel nem lép fel.

A fentiek alapján a falvázas épületeket négy nagyobb csoportba osztjuk.

- Falazott fal- és pillérvázás épület boltozatos födémmel, illetve térfedéssel
- Falazott fal- és pillérvázás épület sík (!) födémmel
- Monolit vasbeton falas épület
- Előregyártott vasbeton blokkos-paneles épület

Az első csoport a boltozatos térlefedés okán magába foglalja a különböző templomokat boltozatos és kupolás térlefedő szerkezeteivel együtt.

A második csoportba sík födémmel épült épületek tartoznak. A (!) jel utal arra, hogy ide soroljuk a poroszsüveg boltozatos födémmel épített épületeket is. Kialakításban ezek sík födémek (van, hogy síkba is vakolják), de oldalnyomás ébred benne, amit fel kell venni. Ezért a felkiáltójel.

3.2.3. Pillérvázás épületek

A pillérvázás épületeket elődlegetesen nem az építési technológia alapján, hanem a födém alapján különböztetjük el egymástól. A födém készülhet a pillérvázzal azonos monolit vasbetonként, mestergerenda, gerenda, fiókgerenda, födempalló rendszerben, készülhet monolit vasbetonként, és készülhet a pillérek között megépült tartórácsokon kialakított fő- és fióktartóval acélból vagy monolit vasbetonból.

A fentiek alapján a pillérvázás épületeket három nagyobb csoportba osztjuk.

- Pillérvázás épület előregyártott vasbeton elemekből
- Pillérvázás épület monolit födémmel
- Térbeli keretként kialakított pillérvázás épület

3.2.4. Vegyesvázás épületek

A vegyesvázás épületek az osztályozás szempontjából önálló épülettípust képviselnek. A gyakorlatban egy épületvázban vagy a falak, vagy a pillérek vannak túlnyomó többségben, ezért a vegyesvázás épületek többsége besorolható vagy a falvázás, vagy a pillérvázás épületek közé.

A pillérvázás épületekben rendszerint szerepel merevítő fal, vagy merevítő mag, amely falakból áll. Ebben az esetben az épület váza egyértelműen csak pillérekből áll. A falvázás épületek esetén előfordulhat, hogy néhány pillér is részt vesz a függőleges erő levezetésében. Ebben az esetben az épület váza alapvetően a falakból áll, az épület a falvázás rendszerhez sorolható.

Amennyiben a függőleges teherhordó szerkezeti elemeknek nagyjából a fele fal és a másik fele pillér, akkor beszélhetünk vegyesvázás épületről. Megkülönböztethetünk két szélsőséges lehetőséget. Az egyik, hogy az épület felét falak, a másik felét pillérek támasztják alá, azaz az épület egyik fele falvázás, a másik fele pillérvázás (lásd a 9. ábrát). Másképpen fogalmazva, két különböző vázrendszer van egymás mellett, kijelölhető egy vonal, ami mentén a két rendszer illeszkedik. (Az alaprajzi elrendezés a különböző szinteken azonos: fal falra, pillér pillérre terhel.) Ebben az esetben a vegyes rendszerű épület nem más, mint a két rendszer „összege”. A vegyesvázás épület másik szélsőséges esete, hogy szintenként az alaprajzi elrendezésben váltakozik a fal- és a pillérváz (lásd a 10. ábrát). Ez az a vázrendszer, ami alapvetően tér el a fal-

illetve pillérvázás rendszertől. Ugyanakkor ez inkább elméleti jelentőségű. Amennyire a szerző előtt ismert, ilyen rendszerű épület nem, vagy elvétve épült.

3.2.5. Fal és pillér nélküli épületek és térlefedések

A fal és pillér nélküli épületek tartószerkezeteit úgy képzeljük el, hogy a tartószerkezet a földről indul, attól „elemelkedik”, majd visszatér a földhöz. Úgy, mint egy ív, vagy egy boltozat, vagy a két pont között enyhén belógó kötél, vagy ponyva. A fal és pillér nélküli szerkezetek értelmezéséhez két fogalom párra van szükségünk.

Az első fogalom pár a vonal- és a felületszerkezet. Vonalszerkezet alatt azt fogjuk érteni, hogy a szerkezet geometriája olyan, hogy egy tengellyel és arra merőleges keresztmetszetekkel jellemezhető, továbbá, a tengely mentén a szerkezet hossza nagyságrendben nagyobb, mint bármelyik keresztmetszet átmérője. Felületszerkezet alatt azt fogjuk érteni, hogy a szerkezet geometriája olyan, hogy egy bázisfelülettel és arra merőleges vastagságokkal jellemezhető, továbbá, a szerkezetnek a bázisfelületén mért átmérője nagyságrendben nagyobb, mint a vastagságok leghosszabbika.

A második fogalom pár a deformálható és a hajlékony. Deformálható: az erő hatására a test mérete alig, formája rendszerint kicsit, speciális esetben (pl. karcsú rúd) alakja nagyot (egyenesből körív) változik. Hajlékony: az erő hatására a test mérete alig változik, alakját az erő hatása alatt veszi fel (pl. a kötél), ennek során rendszerint az alakját jelentősen változtatja (pl. a kötél felcsévélhető egy dobra).

A két fogalom pár alapján a következő olyan szerkezeti rendszereket értelmezhetjük, amelyek tartószerkezetként terek közrezárására, vagy lefedésére alkalmasak.

- Deformálható vonalszerkezet: rúdszerkezetek
- Hajlékony vonalszerkezet: kötél szerkezetek
- Deformálható felületszerkezet: héjszerkezetek és lemezművek
- Hajlékony felületszerkezet: ponyvaszerkezetek

A deformálható vonalszerkezethez a rúdszerkezetek – két- és többtámaszú tartók, ívek, keretek, rácsos szerkezetek, tartórácsok – tartoznak. A hajlékony vonalszerkezetekhez a kötél szerkezetek – mint a kötél főtartó – tartoznak. Mind a rúdszerkezetet, mind a kötél szerkezetet felületbe szervezzük (hogy – héjazat képzése után – teret tudjunk lefedni). A deformálható felületszerkezeteket a héjszerkezetek és a lemezművek alkotják. A hajlékony felületszerkezet a ponyvaszerkezet. Ezek önmagukban képesek teret lefedni.

A hajlékony szerkezet csak húzást vesznek fel, ezért a térlefedés kialakításához nyomott és/vagy hajlított szerkezeti elemek szükségesek. Ezért függőleges, vagy közel függőleges szerkezeti elemek, azaz falak, oszlopok, vagy árbocok részei a rendszernek. Ebből a szempontból a falak és pillérek nélküli megnevezés nem minden esetben tükrözi teljesen pontosan vissza a valóságot.

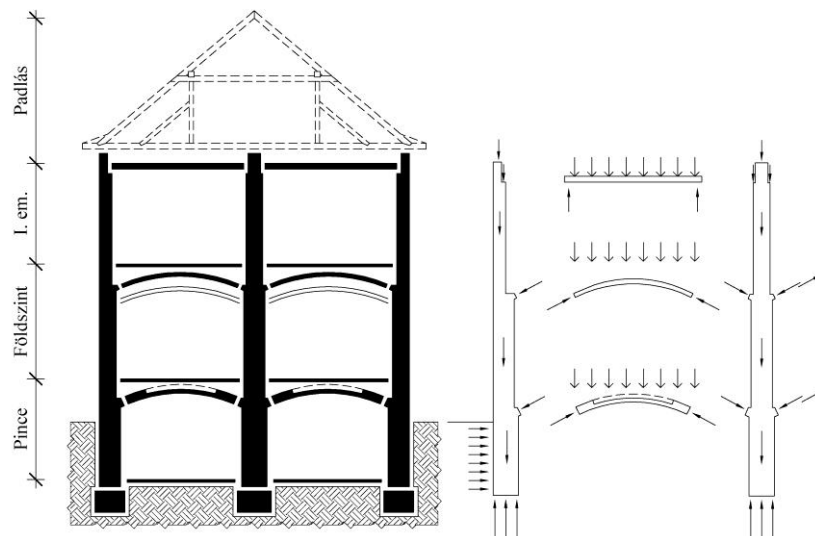
3.2.6. Megjegyzés

A fenti osztályozás hallgatólagosan arra a gyakorlati tapasztalatra épül, hogy az épületekben fal falra, pillér pillérre terhel, esetleg, mivel funkcióját tekintve a két tartószerkezeti elem „csereszabatos”, egy-egy szinten a két függőleges teherhordó szerkezeti elem egymást válthatja. Ugyanakkor egy fal a függőleges terhet nem csak nyomott, hanem hajlított szerkezetként (faltartó) is képes átadni. Ezért létrehozható olyan függőleges tartószerkezeti váz, amely ugyan (alapvetően) csak falakból áll, továbbá falak falakra terhelnek, de alaprajzi elrendezésben nem esnek egymás alá-fölé, hanem egymással szöget zárnak be, és nem nyomott szerkezeti elemként, hanem hajlított faltartó elemként terhelnek egymásra. (Például, téglalap alaprajz esetén, szintenként a téglalap mindig másik két szemközti oldalán emelt falak a teherhordó falak.) Ekkor egy nagyobb léptékű szerkezeti egység készíthető: egy téglatest. Az egymásra helyezett téglatestekben nem a földem, vagy a földem síkja alatt lévő mestergerenda adja a falak közötti vízszintes teherátvivő szerkezetet, hanem a fal, mint egy faltartó. Ez viszont azt is lehetővé teszi, hogy a téglatesteket nem csak rendszerben (fal fal fölé), hanem rendszertelenül is lehessen egymásra helyezni. Formálisan ez az épület a fenti osztályozása szerint falvázis rendszerű épület. Ugyanakkor inkább „blokkos” (ezt a kifejezést egyfajta értelemben már használtuk), vagy dobozos, illetve térelemes építési rendszernek nevezhető [7].

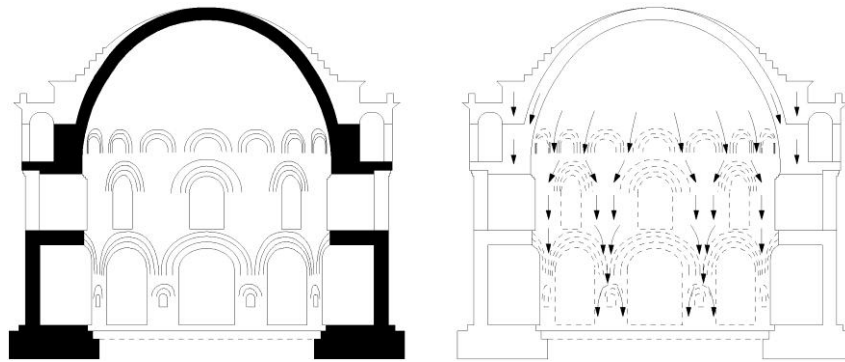
3.3. A különböző épülettípusok

3.3.1. Falazott fal- és pillérvázis épület boltozott földemmel és/vagy térlefedéssel

Ezt a csoportot nem osztjuk alcsoportra. Két épülettípust foglal magába. Az egyik a két-háromszintes lakóépület, a pince, a földszint, esetenként az első emelet fölötti földem boltozatos, a záróföldem falföldem. A másik a kupolával fedett épületek.



1. ábra. Falazott fal- és pillérvázis, boltozott térlefedés

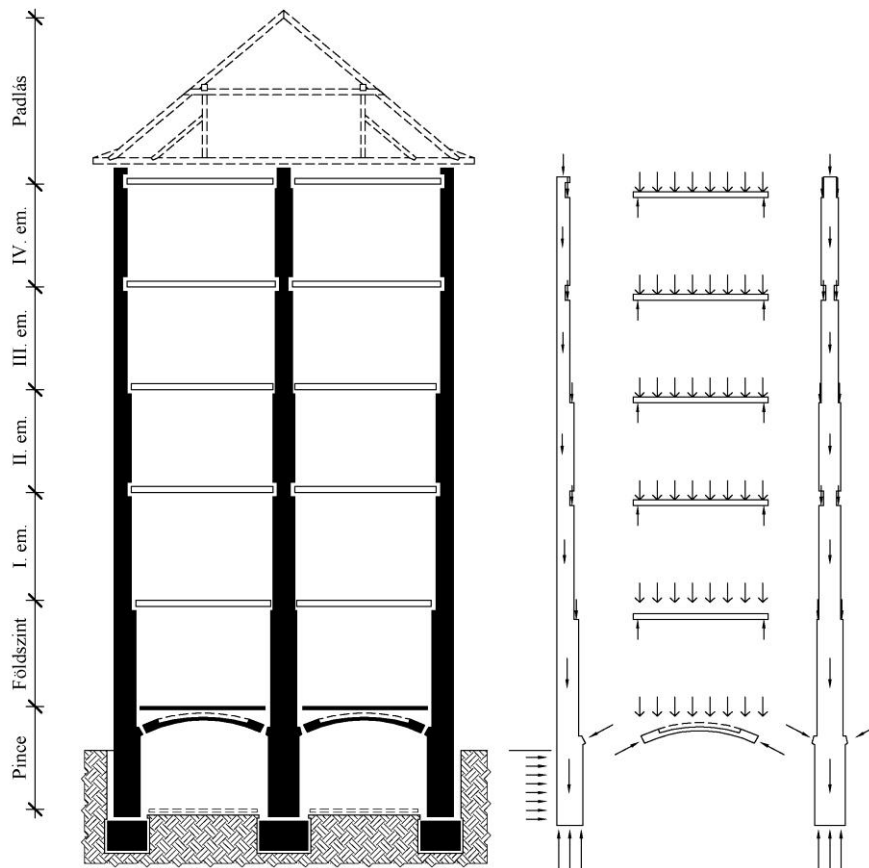


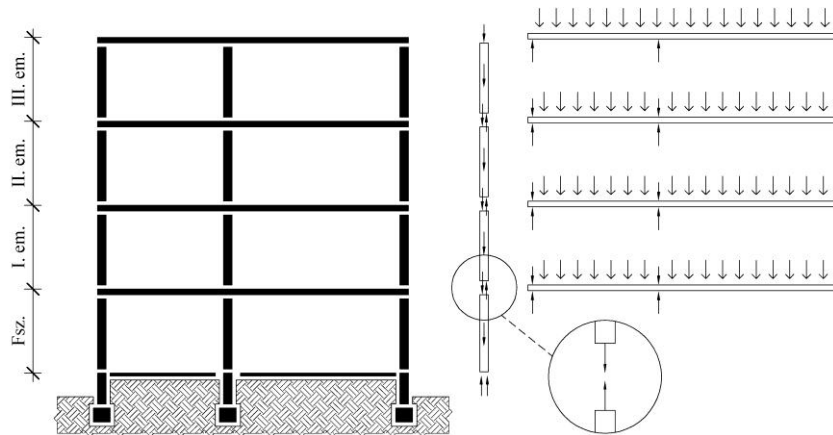
2. ábra. Falazott fal- és pillérváz, kupolás térlefedés

3.3.2. Falvázás épületek sík (!) födémmel

Ez a csoport három alcsoportból áll. Ezek a következők.

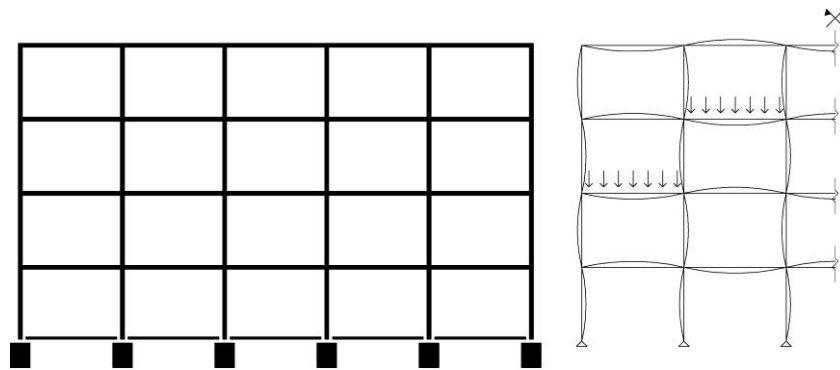
- Falazott falas épület sík (!) födémmel (a felkiáltó jel a poroszsüvegre utal)
- Monolit vasbeton falvázás épület, monolit sík födémmel
- Előregyártott vasbeton blokkos-paneles épület, blokkos-paneles sík födémmel



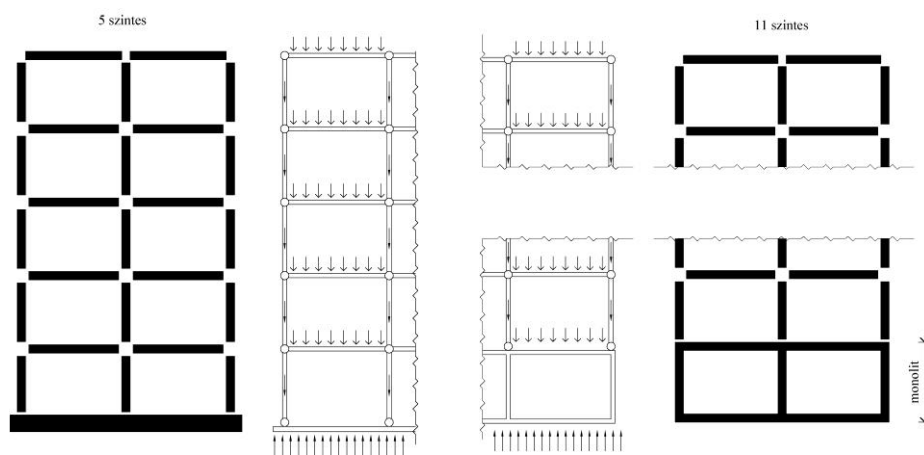


3. ábra. Falazott falas épület sík (!) födémmel

(nm téglás változó falvastagsággal és B30-as (vagy alfa) falazó elemes állandó falvastagsággal)



4. ábra. Monolit vasbeton falvázás (alagútzsaluzatos) épület, monolit sík födémmel



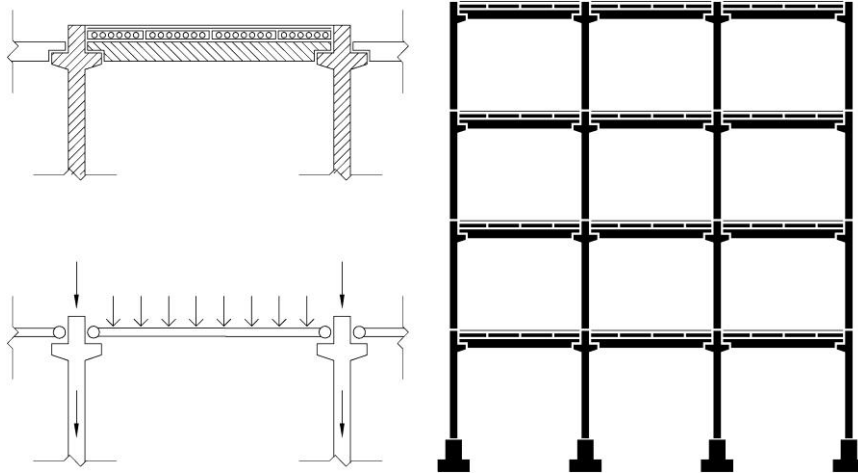
5. ábra. Előregyártott vasbeton blokkos-paneles épület, blokkos-panelos sík födémmel
(négyemeletes sáv-, vagy lemezalappal és tízemeletes monolit vasbeton dobozalappal)

3.3.3. Pillérvázás épületek sík födémmel

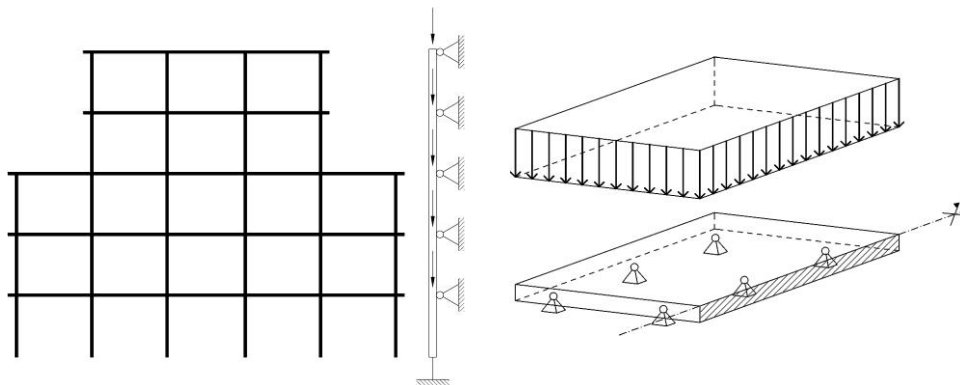
Ez a csoport három alcsoportból áll. Ezek a következők.

- Pillérvázás épület előregyártott vasbeton elemekből (szerelt pillérvázás épület)

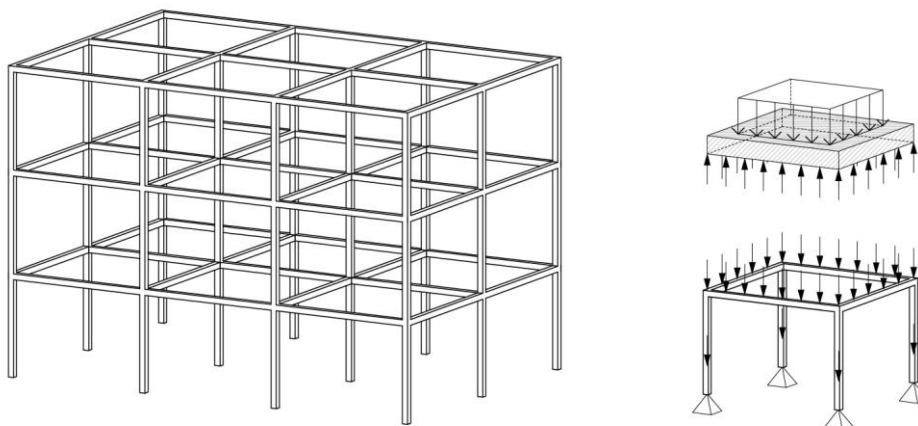
- Pillérvázás épület monolit födémmel
- Térbeli keretként kialakított pillérvázás épület (térbeli keretvázás épület)



6. ábra. Pillérvázás épület előregyártott vasbeton elemekből (szerelt pillérvázás épület)



7. ábra. Pillérvázás épület monolit födémmel

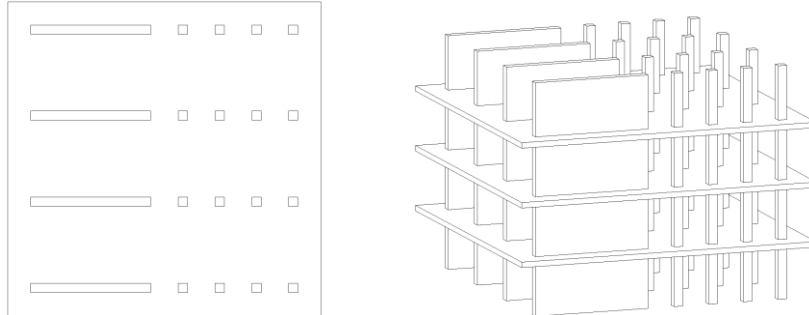


8. ábra. Térbeli keretként kialakított pillérvázás épület (térbeli keretvázás épület)

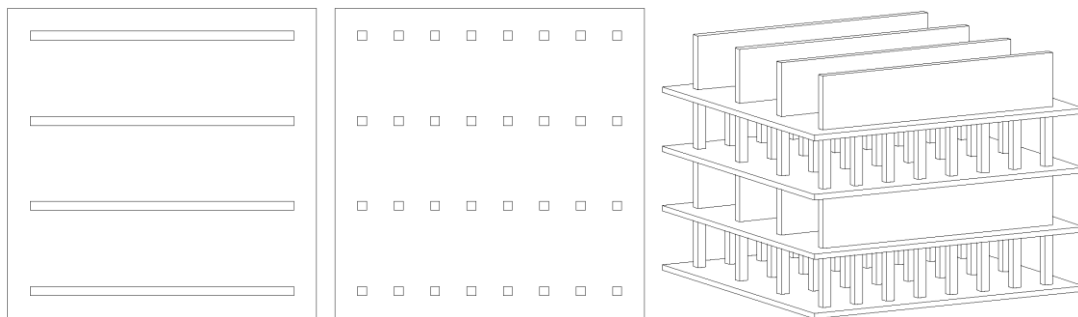
3.3.4. Vegyesvázás épületek

Két alcsoportot különítünk el:

- Falvázás és a pillérvázás épületek „egyesítése”
- Szintenként váltakozó fal-oszlop elrendezés



9. ábra. Falvázás és a pillérvázás épületek „egyesítése”

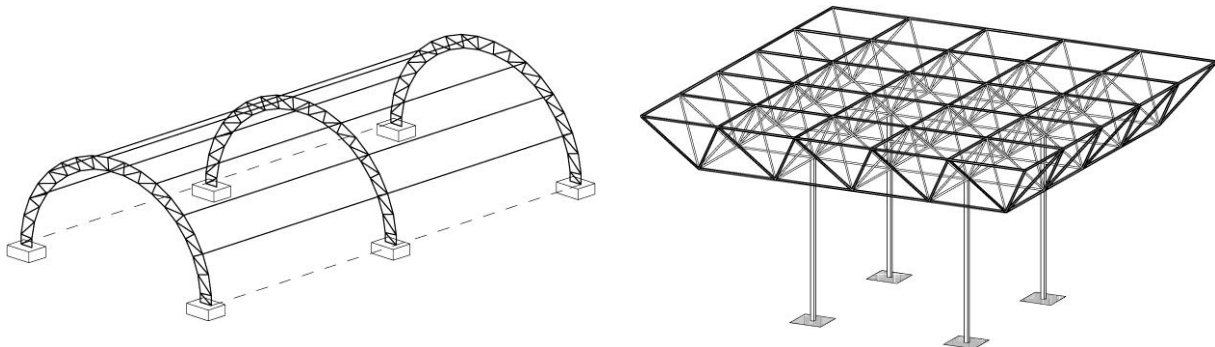


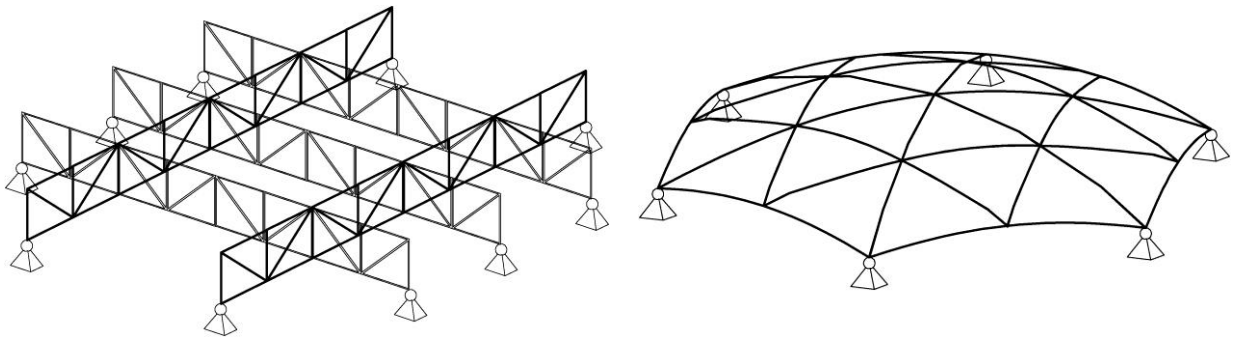
10. ábra. Szintenként váltakozó fal-oszlop elrendezés

3.3.5. Se falváz, se pillérváz, többnyire egy nagy térlefedés

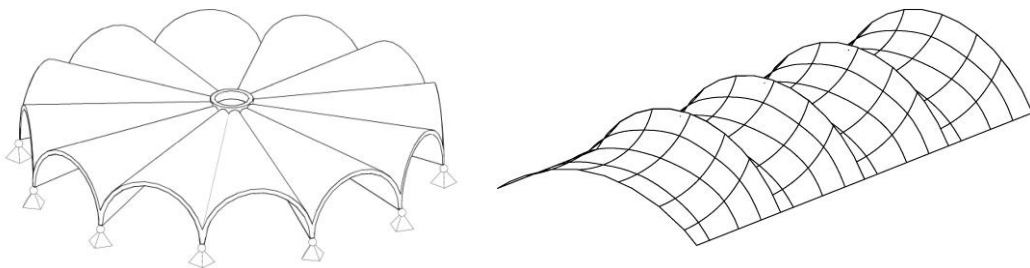
Az a csoport négy alcsoportból áll. Ezek a következők.

- Térlefedés deformálható szilárd vonalszerkezetekből: egy-, két- vagy többretegű, felületbe szervezett rúdszerkezetek
- Térlefedés deformálható szilárd felületszerkezetekből: egy vagy több héjból álló héjszerkezetek, lemezművek
- Térlefedés hajlékony szilárd vonalszerkezetekből: egy-, két- vagy többretegű, felületbe szervezett kötél szerkezetek
- Térlefedés hajlékony szilárd felületszerkezetekből: egy vagy több ponyvából álló sátor- vagy ponyvaszerkezetek

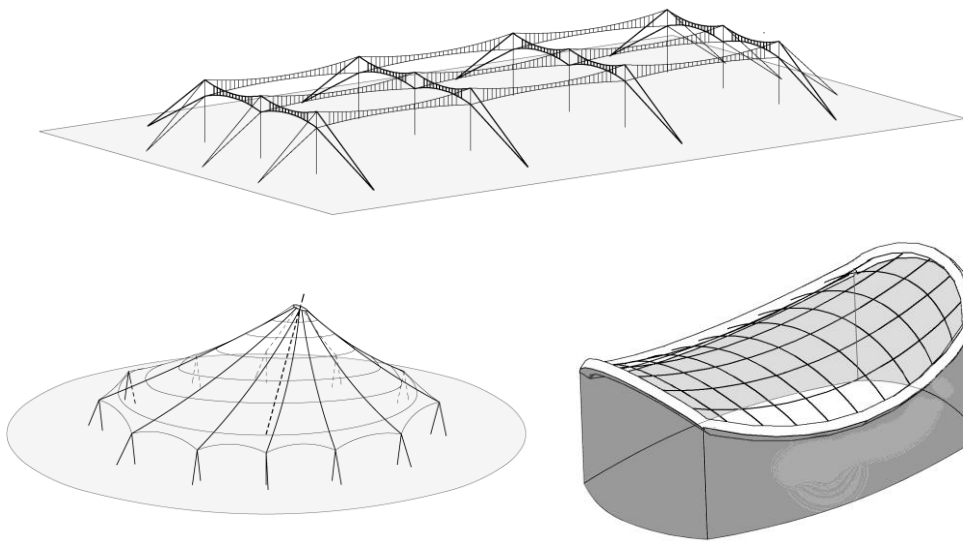




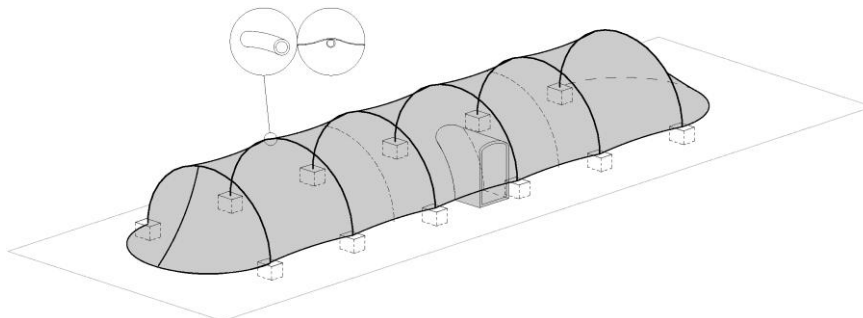
11. ábra. Deformálható vonalszerkezetek: egy-, két- vagy többrétegű, felületbe szervezett rúdszerkezetek

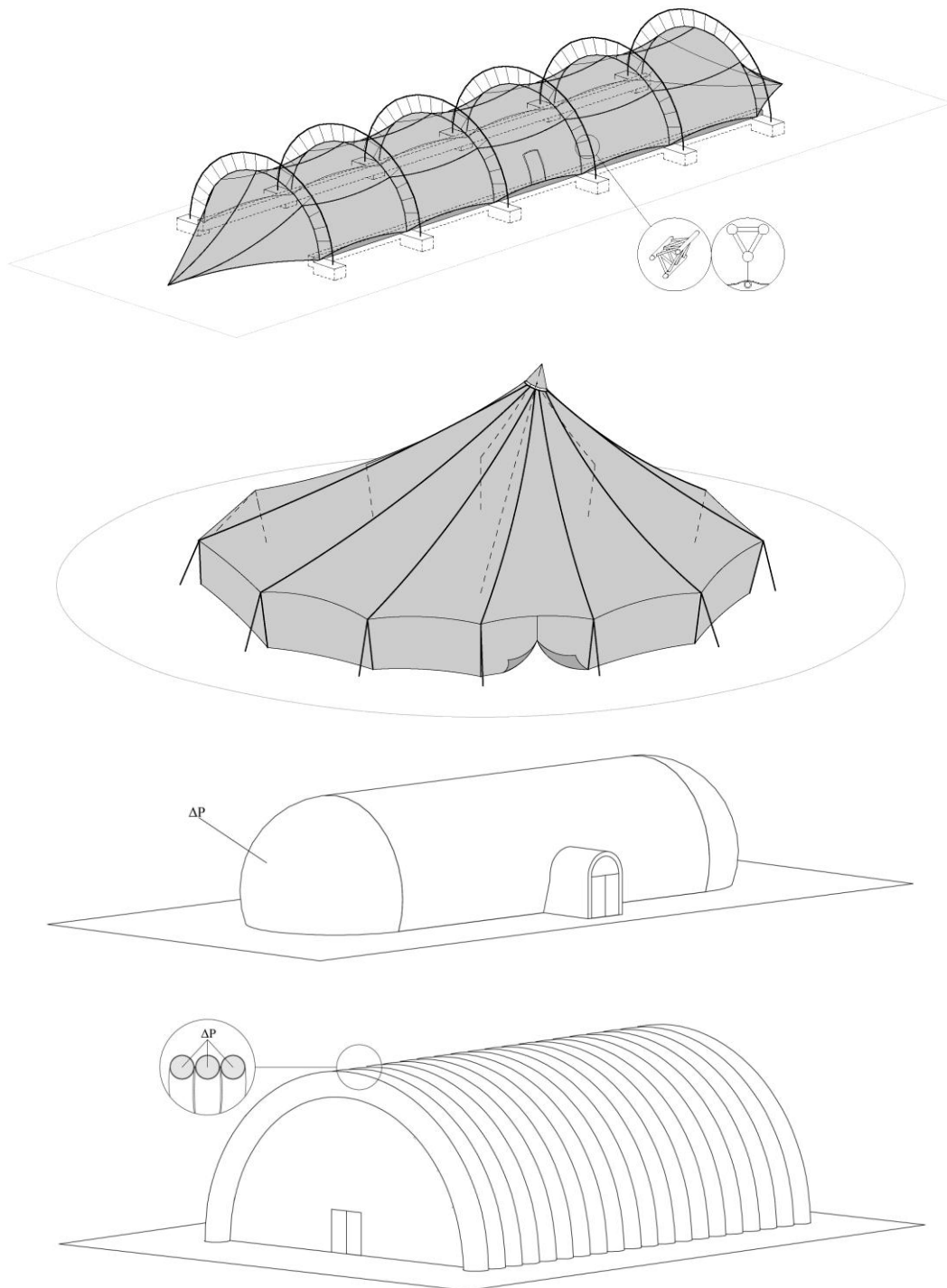


12. ábra. Deformálható felületszerkezetek: egy vagy több héjből álló héjszerkezetek, lemezművek



13. ábra. Hajlékony vonalszerkezetek: egy-, két- vagy többrétegű, felületbe szervezett kötél szerkezetek





14. ábra. Hajlékony felületszerkezetek: egy vagy több ponyvából álló sátor- vagy ponyvaszerkezetek

4. Összefoglalás

A tanulmány I. részében két témakört jártunk körül: az épületszerkezetek strukturális csoportosítását, az épületek csoportosítását a tartószerkezeti váz alapján.

Az épületszerkezeteket az alábbi struktúra alapján csoportosítottuk.

Elsődleges és másodlagos tartószerkezetek

- Alapok
- Falak (kiváltókkal együtt) és pillérek/oszlopok (mestergerendákkal együtt)
- Födémek (kiváltókkal együtt), konzolok, erkélyek, függőfolyosók
- Tetőszerkezetek és térlefedő szerkezetek
- Merevítő szerkezetek
- Erőjáték módosító (stabilizáló) szerkezetek

Használhatóságot biztosító épületszerkezetek

- Térképzés
- Terek elzárása és összenyitása
- Terek megközelítése (vagy közlekedés és szállítás)
- Huzamosabb tartózkodás feltételeinek biztosítása
- A külső hatásokat kizáró szigetelések
- A külső hatásoktól védő bevonatok
- Felületképzések
- Esztétikus megjelenítés

Az épületeket a tartószerkezeti váz alapján csoportosítottuk. A tartószerkezeti váz alapján az alábbi épülettípusokat különítettük el.

- Falazott fal- és pillérvázazas épület boltozatos födémmel, illetve térfedéssel
- Falazott fal- és pillérvázazas épület sík (!) födémmel,
- Monolit vasbeton falvázazas épület
- Előregyártott vasbeton blokkos-paneles épület
- Pillérvázazas épület előregyártott vasbeton elemekből
- Pillérvázazas épület monolit födémmel
- Térbeli keretként kialakított pillérvázazas épület
- Vegyesvázazas épületek
- Héjak és lemezművek
- Sátor- és ponyvaszerkezetek
- Rúdszerkezetű csarnoképületek és térlefedések
- Kötélszerkezetek

Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton mond köszönetet Tóth Ádám okl. építészmérnök úrnak az ábrák számítógépes megrajzolásáért.

Hivatkozások

- [1.] *Bársony István, Magasépítéstan I.* Pécs, 2006.
- [2.] *Bársony István – Schiszler Attila – Walter Péter, Magasépítéstan II.* Pécs, 2007.
- [3.] *Breymann, E.A. (begründet), Baukonstruktionslehre. I. Die Konstruktionen in Stein.* Warth, O., Dr. Siebente, verbesserte und erweiterte Auflage. I. M. Eebhardt's Verlag, Leipzig, 1903.
- [4.] *Breymann, E.A. (begründet), Baukonstruktionslehre. II. Die Konstruktionen in Holz.* Warth, O., Dr. Sechste, verbesserte und vollständig umgearbeitete Auflage. I. M. Eebhardt's Verlag, Leipzig, 1900.
- [5.] *Breymann, E.A. (begründet), Baukonstruktionslehre. III. Die Konstruktionen in Eisen* Königer, O. Sechste, vermehrte und umgearbeitete Auflage. I. M. Eebhardt's Verlag, Leipzig, 1902.
- [6.] *Breymann, E.A. (begründet), Baukonstruktionslehre. IV. Verschiedene Konstruktionen.* Scholz., A. Fünfte, gänzlich neubearbeitete Auflage. I. M. Eebhardt's Verlag, Leipzig, 1905.
- [7.] *Bronnyikov, P.I., Térelemes építési rendszerek.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [8.] *Gábor László, dr., Épületszerkezettan. I. kötet. Hetedik, változatlan kiadás.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [9.] *Gábor László, dr., Épületszerkezettan. II. kötet. Hetedik kiadás.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.
- [10.] *Gábor László, dr., Épületszerkezettan III. kötet. Negyedik, változatlan kiadás.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
- [11.] *Gábor László, dr., Épületszerkezettan. IV.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
- [12.] *Hess, F. (begründet), Konstruktion und Form im Bauen.* Julius Hoffmann Verlag, Stuttgart, 1943.
- [13.] *Kotsis Endre, dr.: Épületszerkezettan.* Egyetemi Nyomda, Budapest, é. n. (1945.)
- [14.] *Lámer Géza, dr.: Az Országos Idegennyelvű Könyvtár. Az épületegyüttes tartószerkezeteiről = In: Az Országos Idegennyelvű Könyvtár Évkönyve. Szerk.: Eszesné Merész I. – Komáromi S. Budapest, Bibliotéka, 2002. pp. 29-49*

- [15.] *Lámer Géza, dr.: Térképzés, szerkezeti struktúra és erőjáték* = In: 18th „Building Services, Mechanical and Building Industry days” International Conference 2012. (Debrecen, 2012. október hó 11-12.) MAS-12-18
- [16.] *Lámer Géza, dr.: Space Creation, Structural Construction and Force Distribution.* Int. Rev. of applied Sciences and Engineering. Vol. 4. N.1. 2013., pp. 1-12
- [17.] *Lámer Géza, dr.: Épületszerkezetek.* Budapest, TERC, 2013.
- [18.] *Lámer Géza, dr.: Különleges épületszerkezetek.* Budapest, TERC, 2013.
- [19.] *Lechner Jenő: Építési enciklopédia. Második rész. Faszerkezetek* Stampfel Károly, Pozsony – Budapest, 1903.
- [20.] *Lechner Jenő: Építési enciklopédia. Harmadik rész. Vasszerkezetek.* Stampfel Károly, Pozsony – Budapest, 1903.
- [21.] *Lechner Jenő: Építési enciklopédia. Negyedik rész. Épületek felszerelése.* Stampfel Károly, Pozsony – Budapest, 1903.
- [22.] *Sobó Jenő: Középtéstan. Az erdészeti építéstan első része. Két kötetben.* Joerges Ágost. Özv. és Fia Könyvnyomó, Selmezbánya, 1898. Reprint, 1998.
- [23.] *Széll László, dr.: Magasépítéstan I.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1957.
- [24.] *Széll László, dr.: Magasépítéstan II.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1960.