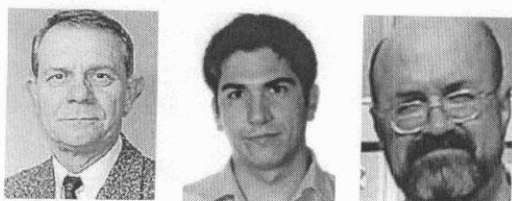


ÖSSZETETT SZERKEZETŰ ÉPÜLET ÖSSZEHASONLÍTÓ ERŐTANI SZÁMÍTÁSÁNAK ÉRTÉKELÉSE



Dr. Almási József - Sztojka Máté - Ther Antal

Az összetett szerkezetű épület MSZ EN szabványsorozat szerint elvégzett részletes számítását a "Magasépítési létesítmények ellenőrző erőtani számítása az MSZ EN szerint II. kötet" tartalmazza. A számítás a statikailag többszörösen határozatlan szerkezetre a teljes szerkezet térbeli modellje alapján készült. Az egyes szerkezeti elemek ellenőrzése a térbeli modellből adódó hatásokra elemenként készült el. Ebben a cikkben a két különböző szabványsorozat alapján elkészült számítás eredményeinek összehasonlítását foglaltuk össze.

Kulcsszavak: együttműködő szerkezet, előregyártott szerkezet, Vierendeel-tartó, merevítés, Eurocode, szabvány, földrengésvizsgálat

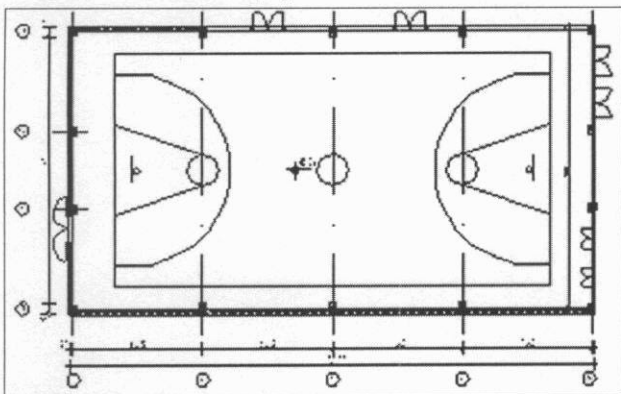
1. BEVEZETÉS

A létesítmény egy iskola bővítésének tornatermét és a felette elhelyezkedő tantermet foglalja magába. Az épület jellemző vázrajzait alább közöljük (1. és 2. ábra).

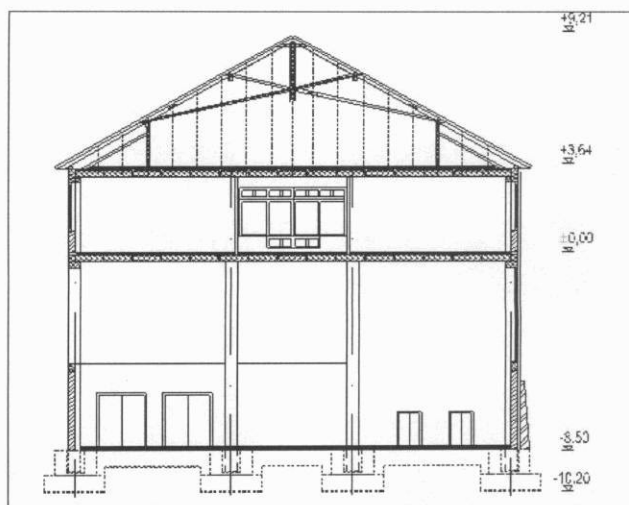
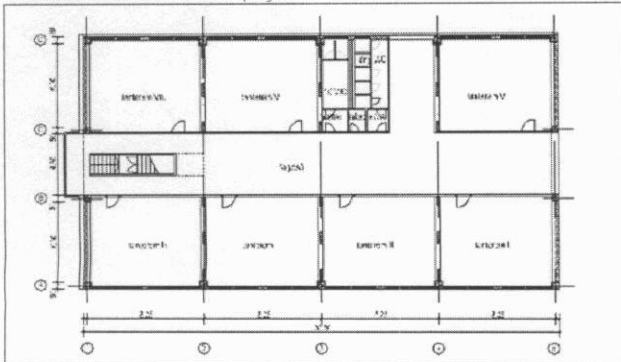
Az erőtani számításban – terjedelmi okok miatt – nem foglalkoztunk a meglévő épületekhez való csatlakozással, a bővítést mint önálló épületet kezeltük.

A számítás során figyelembe vett szabványokat, valamint az alkalmazott szoftvereket a hivatkozások fejezetben ismertetjük.

1. ábra: A tornatermi szint alaprajza



2. ábra: A tantermi szint alaprajza

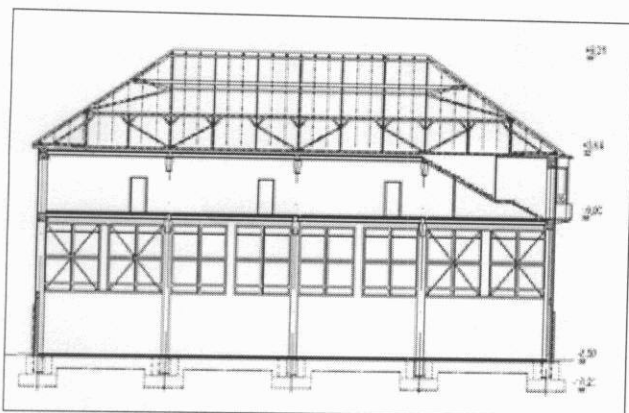


3. ábra: Keresztmetszet

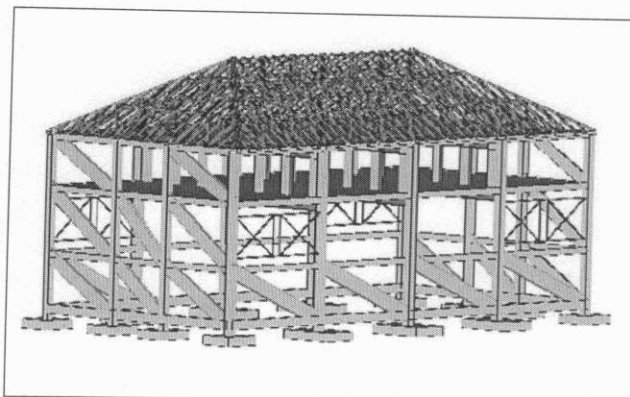
2. A SZERKEZET ISMERTETÉSE

Az építésztervek az alábbi szerkezeti rendszert mutatják.

- Az alapozást monolit készítésű kehelyalapok adják.
- Az alaptesteket talpgerendák kötik össze.
- Az épület oszlopai előregyártva készülnek a teljes épület-magasságban.
- Az oszlopokat peremgerendák kötik össze, a tornatermi szint fele magasságában és a födémek szintjén.
- A 18,00 m fesztávolságú keret gerendáját a tantermi szint magasságát kihasználó Vierendeel-tartók adják, melyek alsó és felső öve együttműködő acél-beton tartókból áll, a függőleges oszlopai vasbetonból készülnek.
- A Vierendeel-tartók hegesztett csomóponttal kapcsolódnak az előregyártott oszlophoz.
- A Vierendeel-tartók között a födémek előregyártott körüreges feszített pallókból készülnek.
- Az épület merevítését részben acélrudakból álló andráskereszt, részben az előregyártott vasbeton oszlopok és peremgerendák közötti kitöltő téglafalazat, részben pedig vasbeton fal adja.



4. ábra: Hosszmetszet



5. ábra: Látványterv

- Az épületen faszervezetű, nyitott padlásterű tetőszerkezet van.

A felsorolt tartószerkezeti elemekből adódó nagy komplexitású tartószerkezetet térbeli globális modellel helyettesítettük az igénybevételek meghatározásához.

A térbeli modell segítségével mutatjuk be a teljes tartószerkezet látványtervét (5. ábra).

A számítás elkészítésénél, és így az összehasonlításnál is az alábbi kiindulási feltételekkel éltünk.

- Azonos anyagminőséget vettünk figyelembe az alapozásnál, a talpgerendánál, az előregyártott elemeknél, valamint az acélszerkezeteknél.
- Egy szilárdsági osztállyal nagyobb szilárdságot használtunk monolit vasbeton szerkezeteknél és a faszervezeteknél az MSZ EN szerinti számításnál.
- Növelni kellett a betonkeresztmetszetet (20/90 cm-ről 20/115 cm-re) az MSZ EN szerinti számításnál a Vierendeel-tartó oszlopainál, ezt a növekedést a betonmennyiségnél figyelembe vettük. Ennek következtében a Vierendeel-tartó oszlopai merevbbek lettek, így az ösvértartóként kialakított övszelvények igénybevételei valamelyest csökkentek.
- Növelni kellett a vasalás mennyiségét a hosszfalli 50/60 cm oszlopoknál az MSZ EN szerinti számításnál, ezt a növekedést a beton egységáránál figyelembe vettük.
- Egy vasalási csoporttal erősebb vasalású födémpanelt kellett alkalmaznunk az MSZ EN szerinti számításnál a nyíróterherbírás alacsonyabb értéke miatt.
- Az MSZ EN szerinti számításnál a földrengés figyelembe

vételénél növelni kellett a kettőzött andráskereszt merevítés rúdjaik keresztmetszetét 90/90/4 zártszelvényről 120/120/4 zártszelvényre.

3. A SZÁMÍTÁSI EREDMÉNYEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A számítás értékeléséhez az egyes szerkezeti elemek anyagmennyiségeit és értékét Ft-ban az 1. táblázatban adjuk meg. Az egységárak becsült értékek, csak az összehasonlítás célját szolgálják.

Táblázatba foglaltuk az egyes jellemző szerkezeti elemek legnagyobb mértékadó és határ-igénybevételeit ill. tervezési és határellenállásait (2. táblázat), majd ebből számítottuk ezen szerkezeti elemek kihasználtságát (3. táblázat).

Az egyes szerkezeti elemek kihasználtságát az adott szerkezeti elemre jellemző mértékadó/határ (MSZ 15000) ill. tervezési/határ ellenállás (MSZ EN) hányadosaként állapítottuk meg.

A szerkezet legjobban igénybevett elemeinek kihasználtságából a teljes szerkezet átlagos kihasználtságát határoztuk meg. Az egyes szerkezeti elemek kihasználtságát a szerkezeti elem becsült értékével súlyoztuk.

Mint látható, a szerkezet átlagos kihasználtsága a három

1. táblázat

	MSZ 15000				MSZ EN földrengésteher nélkül				MSZ EN földrengés teherrel						
	mennyiség		Szilárd-sági osztály	Egységár	Összes ár	mennyiség		Szilárd-sági osztály	Egységár	Összes ár	mennyiség		Szilárd-sági osztály	Egységár	Összes ár
Alapozás és talpgerenda	108,91	m³	C20/25	47 000	5 118 958	108,91	m³	C20/25	47 000	5 118 958	108,91	m³	C20/25	47 000	5 118 958
Monolit vasbeton szerkezetek															
falak, oszlopok	22,89	m³	C20/25	58 000	1 327 620	22,89	m³	C25/30	65 000	1 487 850	24,6	m³	C25/30	65 000	1 599 000
koszorúk, lemezek, gerendák	49,51	m³	C20/25	58 000	2 871 580	49,51	m³	C25/30	65 000	3 218 150	49,51	m³	C25/30	65 000	3 218 150
Előregyártott vasbeton szerkezetek															
oszlopok	42,21	m³	C40/50	150 000	6 331 050	42,21	m³	C40/50	150 000	6 331 050	42,21	m³	C40/50	165 000	6 964 155
gerendák	46,74	m³	C40/50	150 000	7 011 225	46,74	m³	C40/50	150 000	7 011 225	46,74	m³	C40/50	150 000	7 011 225
födémpanelek	1155,60	m²	C50/60	18 000	20 800 800	1155,60	m²	C50/60	21 000	24 267 600	1155,60	m²	C50/60	21 000	24 267 600
Hegesztett acélszerkezetek	25,28	t	A37B	650 000	16 434 423	25,28	t	St 235	650 000	16 434 423	25,28	t	St 235	650 000	16 434 423
Merevítőszerkezet	1,33	t	A37B	850 000	1 130 412	1,33	t	St 235	850 000	1 130 412	1,77	t	St 235	850 000	1 507 050
Faszervezetek	33,8	m³	II. sz. kat	55 000	1 859 000	33,8	m³	C30	72 000	2 432 803	33,8	m³	C30	72 000	2 432 803
Összesen:					62 885 069					67 432 471					68 553 364
Többet az MSZ 15000-hez képest:										7,23%		9,01%			

2. táblázat

2. táblázat	MSZ 15000			MSZ EN földrengésester nélkül			MSZ EN földrengésesterrel		
	Anyag-minőség	Jellemző mértékadó/határ igénybevétel		Anyag-minőség	Jellemző tervezési/határ ellenállás		Anyag-minőség	Jellemző tervezési/határ ellenállás	
Alapozás és talpgerenda	C20/25	Legnagyobb talpfeszültség:		C20/25	Alaptestre jutó függőleges erő tervezési értéke:		Lásd földrengésester nélküli értékeket		
		275 kN/m ²			4216 kN				
		Talaj határfeszültség:			Az alaptest talajtörési ellenállásának tervezési értéke:				
		366 kN/m ²			6295 kN				
	kihasználtság:	75%			67%				
Monolit vasbeton szerkezetek	C20/25	Vierendeel-oszlopra:			Vierendeel-oszlopra:				
falak, oszlopok		N _x (kN)	Q _s (kN)	M _y (kNm)	N _x (kN)	V _x (kN)		M _y (kNm)	
		307	506	927	372	785		1425	
		307	645	1250	372	922		1450	
kihasználtság:	100%	78%	74%	100%	85%	98%			
Előregyártott vasbeton szerkezetek	C40/50	50/60 oszlopra:			50/60 oszlopra:				
oszlopok		N _x (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)	N _x (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)		
		2210	419	27	3032	809	26		
		2210	620		3032	874			
kihasználtság:	100%	68%		100%	93%				
födémpanelek	C50/60	Q _x (kN)		M _y (kNm)	C50/60	V _x (kN)		M _y (kNm)	
		65,8		135,6		75		155	
		78		173,3		82		236,6	
		84%		78%		91%		66%	
Hegesztett acélszerkezetek	A37B	s _a	t _a	s _{so}	St 235	V _x (kN)		M _y (kNm)	
		13,44	10,94	19,62		1000		830	
		20,00	11,50	20,00		1034		1558	
		67%	95%	98%		97%		53%	
Acél merevítés	A37B	N _x (kN)			St 235	N _x (kN)			St 235
		34				35			
		38				44			
		89%				80%			
Faszerkezetek	II. szil. kat.	szarufa:		C30/37	középszelemen:			Lásd földrengésester nélküli értékeket	
kihasználtság:		84%			90%				

számítás szerint közel azonos. Az MSZ 15000 és az MSZ EN szerinti számításnál az azonosság oka, hogy a „kényes” elemek teherbírási értékét vasalással, vagy nagyobb keresztmetszet alkalmazásával megnöveltük.

A földrengéssel mint rendkívüli teherrel elvégzett számításnál csak az acél merevítés méretének növelésére volt szükség, mert a merevítésben jelentős részt vállaló kettősméretű téglafalak nagy szerepet játszanak, és ezek kihasználtsága nyírásra az MSZ 15023 szerinti számításnál nagyon alacsony. A szerkezet árba azonban a téglafalak értékét nem számítottuk bele, mivel az eredeti elgondolás szerint a falak szerepe nem tartószerkezeti volt.

Az eredményből láthatóan az összetett szerkezetű épület tartószerkezetének ára (értéke) nem egészen 10 %-kal növekszik az MSZ EN szerinti számításnál. Ez az érték az épület értékében legfeljebb 3 %-ot tehet ki.

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az összetett szerkezetű épület összehasonlító számításának eredményeként az MSZ EN szerinti számításnál növelni kellett a monolit vasbeton szerkezeti elemek, valamint a faszerkezetek szilárdsági osztályát, a Vierendeel oszlopok keresztmetszeti méreteit, a hosszali előregyártott vasbeton oszlopok vasalását, az acélszerkezetű andráskereszt merevítés rúdszelvényeit, valamint a nagyfeszítávolságú feszített körüreges födémpanel vasalását a csekély nyírási teherbírás miatt.

Megállapítható, hogy a teljes teherhordó szerkezet árát ezek az anyagminőség javításban, ill. keresztmetszet és vasalás növelésben jelentkező költségek mintegy 10 %-kal növelik.

3. táblázat

	MSZ 15000	MSZ EN	MSZ EN és földr.
Alapozás és talpgerenda	75,0%	67,0%	67,0%
Monolit vasbeton szerkezetek			
falak, oszlopok	84,0%	94,0%	94,0%
koszorúk, lemezek, gerendák	84,0%	94,0%	94,0%
Előregyártott vasbeton szerkezetek			
oszlopok	84,0%	96,5%	96,5%
gerendák	84,0%	96,5%	96,5%
födémpanelek	81,0%	78,5%	78,5%
Hegesztett acélszerkezetek	81,0%	75,0%	75,0%
Merevítőszerkezet	89,0%	80,0%	100,0%
Faszerkezetek	84,0%	90,0%	90,0%
A szerkezet átlagos kihasználtsága:	81,6%	81,9%	82,4%

5. HIVATKOZÁSOK

Az összehasonlító számításnál alkalmazott szabványok:

MSZ EN:

Szorosan kapcsolódó szabványok:

MSZ EN 1992 (EC2) (Vasbeton szerkezetek)

MSZ EN 1993 (EC3) (Acélszerkezetek) *Földrengésnek kitett szerkezetek esetén*

MSZ EN 1998 (EC8) (Földrengés hatása a szerkezetekre) *Terhelések felvétele*

MSZ EN 1991 (EC1) (Hatások, terhelések) *A számítás és szerkezet kialakítás alapelvei*

MSZ EN 1990 (EC0) (Alapelvek) *Tetőszerkezet méretezéséhez*

MSZ EN 1995 (EC5) (Fa szerkezetek) *Alapozás méretezéséhez*

MSZ EN 1997 (EC7) (Geotechnikai méretezések)

Beton: MSZ (EN) 4798
Betonacél: EN 10 080
Acél: EN 10025
Fa: MSZ EN 518

MSZ:

MSZ 15021/1-86 Magasépítési szerkezetek terhei
MSZ 15021/2-86 Magasépítési szerkezetek merevségi követelményei
MSZ 15022/1-86 Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022/4-86 Előregyártott vasbeton szerkezetek
MSZ 15022/7-86 Vasbeton szerkezetek szerkesztési előírásai
MSZ 15023-87 Falazott szerkezetek
MSZ 15024/1-85 Acélszerkezetek
MSZ 15025 Faszerkezetek
MSZ 15001 Alapozások tervezésének általános előírásai
MSZ 15002/1 Általános méretezési előírások
MSZ 15004/89 Síkalapok határteherbírásának és süllyedésének meghatározása

Az összehasonlító számításnál alkalmazott szoftverek:

AXIS VM
FRIEDRICH-Lochner
CAEC Kft. szoftverek

Dr. Almási József (1940), okl. mérnök (1964), műszaki doktori fokozat (1972). 29 éves oktatás a BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén, több mint 200 szakvélemény készítése, 1995. óta a CAEC Kft. ügyvezetője. 2002-ben Palotás díjjal kitüntetve. A BME tiszteletbeli docense.

Sztojka Máté (1984), okl. építőmérnök (2009), azóta tervező mérnök a CAEC Kft.-nél.

Ther Antal (1957), okl. építőmérnök (1980), magasépítő szakmérnök (1986), 1980 – 1993: statikus szerkesztő, majd tervező, AGROBER, Veszprém; 1983 – 1996: statikus tervező, előkészítő, számítástechnikai osztályvezető, műszaki igazgató, Tanép, majd Vemév, Veszprém; 1996 - 2001: statikus tervező, beruházás-szervező mérnök - Alf-O Kft.; 2002-től: statikus tervező, beruházás-szervező mérnök, ügyvezető, TherRa Kft.;

CONCLUSION OF STRUCTURALLY COMPLEX BUILDING'S COMPARATIVE STRUCTURAL ANALYSIS

József Almási – Máté Sztojka – Antal Ther

The detailed structural analysis of a structurally complex building according to the standard series MSZ EN is in the "2. book of verifying dynamical analysis of structural architectures MSZ EN". The analysis of statically multiple undetermined structure was made by the spatial model of the whole structure.

The verification of the appropriateness of the elements in accordance the effects by the spatial model was made element by element.

In this title we've concluded the comparison of the results of the different analysis methods of the two standard series.

As conclusion, at the analysis by the MSZ EN, we have to increase the solidity-division of the reinforced concrete structure elements and wooden structures as well. This was the case - as a need of increase - with the cross-section dimensions of the Vierendeel pillars, the reinforcement of the precast reinforced concrete pillars at the longitudinal wall, with the section-dimensions of the steel braces and the reinforcement of the long-span slab panels because of the inefficient shear load carrying capacity.

We can say that the price of the whole structure increased with appr. 10% by the cost of the rised material quality, by the increased cross section dimensions and reinforcement.