

Beszámoló**ÉTE Tartószerkezeti Szakosztály rendezvénye***Szerző: Polgár László*

2001. december 12-én tartott a szakosztály egy szimpóziumot, ahol több előadás is elhangzott. Ebben a cikkben a karcsú vasbeton pillérek méretezésénél tapasztalható ellentmondásokról lesz szó.

Kulcsszavak: külpontosság-növekmények, véges elem módszer, összekapcsolt pillérek

2001. december 12-én tartotta az ÉTE Tartószerkezeti Szakosztálya újabb szimpóziumát. A meglepően nagyszámú érdeklődő – kb. 100 fő – váratlan volt. Az egyes témák feltételezhetően külön-külön is nagyszámú érdeklődőt vonzottak:

- Polgár László: Ellentmondások a karcsú vasbeton pillérek méretezésénél
- Dr. Lenkei Péter: Toronyházak – hogyan tovább
- Földvári Gábor: A Nemzeti Színház tartószerkezete

A negyedik előadás az új sportcsarnok tartószerkezetéről sajnos elmaradt, de a három téma is messze meghaladta a tervezett időtartamot.

Itt most csak a saját témám ismertetésére vállalkozom. A téma szimpózium utáni továbbélése – folyamatosan kapom a kérdéseket, észrevételeket – mutatja, jó volt a választás. Néhány kijelentésem külön is megdöbbenette a hallgatóságot, így megkísérlem ezeket jobban megvilágítani.

1. A pillértéma időszerúsége

Beosztásomnál fogva nagyon sok statikai számítással, statikai tervvel találkozom. Nincs még egy olyan tartószerkezeti elem, ahol akkora lenne a szórás a tervezési eredményekben, mint a karcsú vasbeton pillérek méretezésénél. A méretezés módszerei lehetnek:

- MSZ szerinti és EC2 szerinti méretezés,
- kézi számítások – gépi számítások,
- modell oszlop módszer, véges elem módszer, lineáris, nem lineáris számítás.

Ha nagy a szórás a tervezői eredményekben, akkor az elméleti hátterekkel is baj van!

2. Első megdöbbenő kijelentés: az MSZ szabvány hibás. A külpontosság növekmények B60.40 betonacél alkalmazására vonatkoznak, a B60.50 alkalmazás esetén az MSZ szabvány hibás!

A tervezők döntő hányada a szabvány “főző-receptjét” alkalmazza és nem ismeri annak elméleti háttérét. A Statikusok könyve 1972 évi kiadásában még megtalálható a magyarázat, a Statikusok könyve 1987 évi kiadása csupán hivatkozik Dr. Szalai Kálmán 1967-es anyagára!

Talán nem mindenki előtt ismert, és hiányzik is az egyértelmű kijelentés arról, hogy a modell-rúd módszer a kézi számítások világából való. A karcsú pillérek II. rendű alakváltozásának figyelembe vétele a fokozatos merevség csökkenések miatt (bepedert keresztmetszet)

kézi számítással szinte lehetetlen, így egy fiktív megörbült alakból indul ki a modell-rúd módszer. Ezzel a módszerrel jól megvolt a szakma több évtizeden keresztül. A betonacél folyáshatárából kiindulva olyan nagy fiktív elmozdulással számoltunk, mely a pillérek megfelelő biztonságát adta. Mindig is gond volt, hogyan is kell értelmezni a nagy e_2 elmozdulásokat (a jelölés ismert az MSZ-ből és EC2-ből), ha azok ténylegesen bekövetkeznének, használhatatlanok lennének karcsú pilléreink.

Az már szinte elhanyagolhatónak látszik, hogy miközben az MSZ egyik oldalon a betonacél folyásából, másik oldalon a beton összenyomásából indul ki, az EC2 a húzott és nyomott vasak magfolyásából vezeti le a görbületet, szimmetrikus vasalások esetén (és hát pilléreknel általában erről van szó).

Jelenleg a BMGE Hidak- és Szerkezetek Tanszéke már EC2 szerint tanítja a vasbetont, pl. Dr. Szalai Kálmán professzor jegyzete tartalmazza a formula levezetését (Szalai professzor hozzászólása csak fokozta a hallgatóság megdöbbenését, az MSZ formula B60.40 betonacélra vonatkozik, B60.50 esetén a biztonság kárára téved!).

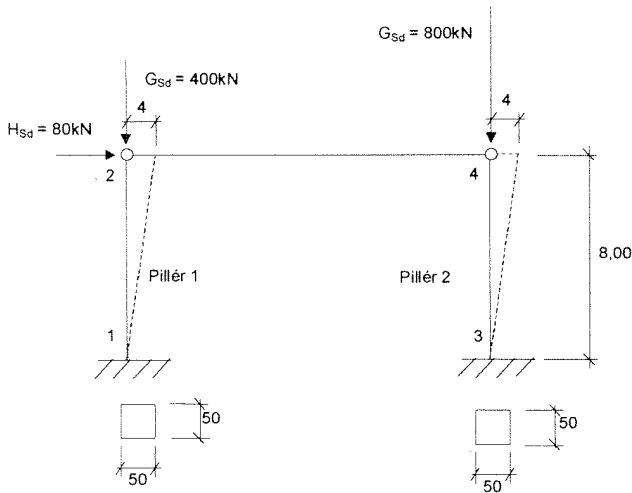
3. Második megdöbbenő kijelentés: a statikusok jelentős hányada hibásan használja a véges elem módszert vasbeton pillérek számításánál.

Közkedvelt az axis program használata. Amióta forgalomba került az axis program, sokat könnyített a statikusok munkáján. Sok statikus vélekedik úgy – a hozzám került statikai számításokból, alkalmasint diplomatervekből is kiderül – a nem-lineáris program már a másodrendű alakváltozásokat is megadja, így nem kell az MSZ szerinti e_2 külpontosság növekménnyel számolni. A véges elem módszeren alapuló programok homogén rugalmas keresztmetszeteket feltételeznek. A vasbeton messze nem ilyen szerkezet.

Kis karcsúságok esetén ebből még nem adódik nagy tévedés (pl. monolit vasbeton keretek esetében általában számolhatunk is így). A karcsú vasbeton pillérek esetében, különösen a manapság oly gyakori alul befogott, felül kilendülő csarnokszerkezeteinknél már igen nagy lehet a tévedés. Hasonló problémák a monolit sík vasbeton lemezek lehajlásának számításánál is adódnak (a repedések megjelenése után jelentősen megnőhet a lehajlás), de pillérek esetében a repedezettség függvényében a merevség csökkenésével a hajlító igénybevételek is jelentősen nőhetnek.

ABACUS-PROGRAMM STUR-STB V2.3 15.1.2002
 Méretezés Hajítás normálérővel, nyírás + torzió EFl/EC2

Adatkönyvtár: C:/ABACUS/MetroZgb/KetPill/stbsVar1.dat
 Igénybevételek: C:/ABACUS/MetroZgb/KetPill/sturVar1.drt



Szilárdság	EC2	Méretezés	hatékony merevségek			
Em fd, fctm(N/mm ²)		fd gamma	Em	fd	gamma	fctm
Beton	C30/37	17.00 1.50	32000	17.00	1.50	2.90
Hosszvasalás	B60.50	434.78 1.15	200000	378.07	1.15	
Nyírasi vasalás	B60.50	434.78 1.15				

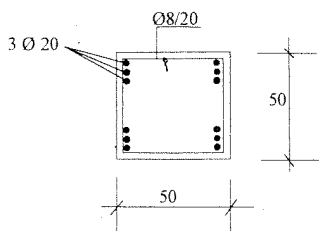
Kúszási tényező phi: 2.50 Összeheh kúszásnál figyelembe vett része G/(G+Q): 100.00 %

Hatékony hajítási merevségek eff.B(MNm²):

RÚD	Xs(m)	LG	N(kN)	Mys(kNm)	As(cm ²)	Fesz.áll.	eff.B	eff.B/BI
2	0.00	1	-800.00	-439.94	38.30	II	49.40	0.52
2	0.80	1	-800.00	-408.36	38.30	II	50.32	0.53
2	0.80	1	-800.00	-408.36	38.30	II	50.32	0.53
2	1.60	1	-800.00	-372.69	38.30	II	51.54	0.55
2	1.60	1	-800.00	-372.69	38.30	II	51.54	0.55
2	2.40	1	-800.00	-333.36	38.30	II	53.15	0.56
2	2.40	1	-800.00	-333.36	38.30	II	53.15	0.56
2	3.20	1	-800.00	-290.87	38.30	II	55.38	0.59
2	3.20	1	-800.00	-290.87	38.30	II	55.38	0.59
2	4.00	1	-800.00	-245.74	38.30	II	58.62	0.62
2	4.00	1	-800.00	-245.74	38.30	II	58.62	0.62
2	4.80	1	-800.00	-198.53	38.30	II	63.63	0.67
2	4.80	1	-800.00	-198.53	38.30	II	63.63	0.67
2	5.60	1	-800.00	-149.90	38.30	I	94.50	1.00
2	5.60	1	-800.00	-149.90	38.30	I	94.50	1.00
2	6.40	1	-800.00	-100.39	38.30	I	94.50	1.00
2	6.40	1	-800.00	-100.39	38.30	I	94.50	1.00
2	7.20	1	-800.00	-50.33	38.30	I	94.50	1.00
2	7.20	1	-800.00	-50.33	38.30	I	94.50	1.00
2	8.00	1	-800.00	0.00	38.30	I	94.50	1.00

Hosszvasalás összűlya :

Rúdcsoport	Típus	Gu(kg)	Go(kg)	Gs(kg)	(%)	Össz.(kg)
1	Oszlop			240.52	50.00	481.05
2	Oszlop			240.52	50.00	
Szumma		0.00	0.00	481.05	100.00	
(%)		0.00	0.00	100.00	100.00	



Rúdcsoport 1: 1 pillér

Méretezés :

(Bys,Bzs: Keresztmetszet, As: megadott vasalás)

KM	S(m)	Bys(m)	Bzs(m)	H(cm)	As(cm ²)	Nr.	Vasal.kép			
1	8.000	0.500	0.500	5.0	38.30	1	koncentrárt			
RÚD	Xs(m)	LG	Nsd(kN)	Mysd(kNm)	Mzsd(kNm)	KM	eps.c	eps.s	As(cm ²)	rho(%)
1	0.00	1	-400.00	-419.11	0.00	1	-3.50	13.79	38.12	1.52
1	8.00	1	-400.00	0.00	0.00	1	-2.00	-2.00	7.50	0.30
										178.41

Hatékony hajítási merevségek eff.B(MNm²):

RÚD	Xs(m)	LG	N(kN)	Mys(kNm)	As(cm ²)	Fesz.áll.	eff.B	eff.B/BI
1	0.00	1	-400.00	-419.11	38.30	II	46.30	0.49
1	0.80	1	-400.00	-383.42	38.30	II	46.91	0.50
1	0.80	1	-400.00	-383.42	38.30	II	46.91	0.50
1	1.60	1	-400.00	-345.70	38.30	II	47.64	0.50
1	1.60	1	-400.00	-345.70	38.30	II	47.64	0.50
1	2.40	1	-400.00	-306.19	38.30	II	48.57	0.51
1	2.40	1	-400.00	-306.19	38.30	II	48.57	0.51
1	3.20	1	-400.00	-265.10	38.30	II	49.78	0.53
1	3.20	1	-400.00	-265.10	38.30	II	49.78	0.53
1	4.00	1	-400.00	-222.70	38.30	II	51.48	0.54
1	4.00	1	-400.00	-222.70	38.30	II	51.48	0.54
1	4.80	1	-400.00	-179.22	38.30	II	54.09	0.57
1	4.80	1	-400.00	-179.22	38.30	II	54.09	0.57
1	5.60	1	-400.00	-134.95	38.30	II	72.75	0.77
1	5.60	1	-400.00	-134.95	38.30	II	72.75	0.77
1	6.40	1	-400.00	-90.18	38.30	I	94.50	1.00
1	6.40	1	-400.00	-90.18	38.30	I	94.50	1.00
1	7.20	1	-400.00	-45.15	38.30	I	94.50	1.00
1	7.20	1	-400.00	-45.15	38.30	I	94.50	1.00
1	8.00	1	-400.00	0.00	38.30	I	94.50	1.00

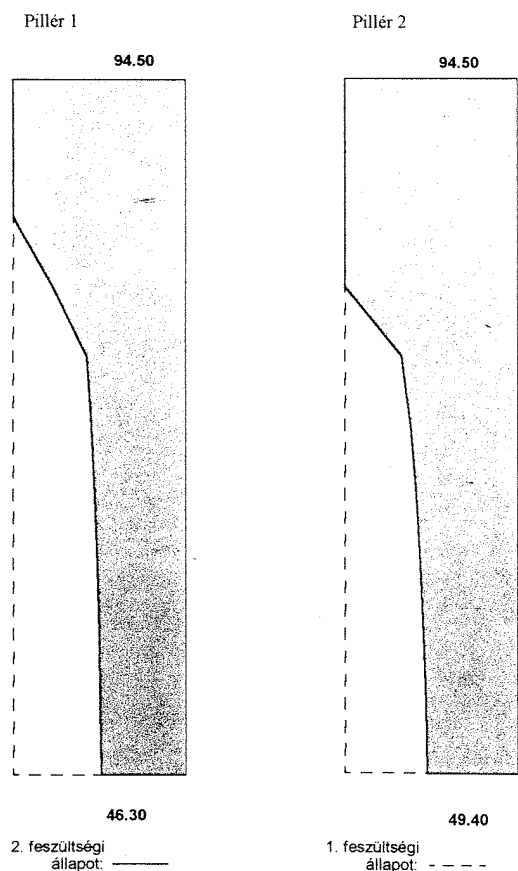
Rúdcsoport 2: 2 pillér

Méretezés :

(Bys,Bzs: Keresztmetszet, As: megadott vasalás)

KM	S(m)	Bys(m)	Bzs(m)	H(cm)	As(cm ²)	Nr.	Vasal.kép			
2	8.000	0.500	0.500	5.0	38.30	1	koncentrárt			
RÚD	Xs(m)	LG	Nsd(kN)	Mysd(kNm)	Mzsd(kNm)	KM	eps.c	eps.s	As(cm ²)	rho(%)
2	0.00	1	-800.00	-439.94	0.00	1	-3.50	9.46	32.25	1.29
2	8.00	1	-800.00	0.00	0.00	1	-2.00	-2.00	7.50	0.30
										178.41

Merevségek EJ(MNm²)



1. ábra Számítógépes program segítségével megoldott mintapélda eredményei

Újabbán már kaphatók olyan programok, melyek figyelembe veszik a vasbeton keresztmetszet berepedését és fokozatos iterációval a tényleges alakváltozásokat adják (lásd pl. abacus számítást, 1. ábra).

Valószínű, hogy senki nem mondta, az axis nemlineáris futtatás helyettesítheti az MSZ adta e_2 különpontosságnövekmény figyelembe vételét, de elképzelhető, ahogy többen hozzám fordulva kvázi igazolni próbálták magukat, hogy a kifejezett tiltást sem mondta ki senki.

4. Harmadik megdöbentő kijelentés: összekapcsolt pillérek esetében szinte tetszőlegesen "játszhatunk" azzal, melyik pillérbe helyezük a több vasat.

A kézi számítások világában természetes volt, hogy első lépésben az igénybevételeket határoztuk meg, majd ezután következtek a méretezések. Az összekapcsolt pilléreknel (csarnokaink esetében a gerendák kötik össze felül a pilléreket) kézi számításaink jellemzője volt, hogy a pillérek merevségi arányainak megfelelően osztottuk szét a vízszintes terheket, majd az egyes pilléreket külön vizsgáltuk. A mérnöki tervezés lényegéhez tartozik, hogy egyszerűsítéseket teszünk, mely egyszerűsítések után még kezelhető a probléma. Tudtuk, hogy elrugaszkodtunk a fizikai valóságtól, de kézi számítással aligha tehetünk volna mást (a 2001. októberben megjelent DIN 1045-1 Eurocode alapú új DIN mintapélda gyűjtemény bemutatja, hogyan lehet kézi számítással is pontosabban kezelni és számítani az összekapcsolt pilléreket, de ennek számítógépes világunkban csak oktatási jelentősége van).

Mai szerkezeteinknél az egyszerűségekre törekszünk, azaz egy-egy csarnok esetében igyekszünk az összes pillér keresztmetszetét azonosra venni, függetlenül a pillérre jutó függőleges terheléstől. A számítógép segítségével már meg tudjuk határozni azt a minimális betonacél szükségletet, melyet minden pillérbe elhelyezve még megfelelő a szerkezet biztonsága.

A jelenség jobb megértéséhez készítettük el azt a mintapéldát, mely most iskolapéldává vált Németországban, Horvátországban, Bulgáriában, éppen a horvát-bolgár statikusok közötti "igazságtétel" ürügyén.

Az egyszerű példa lényege 2 összekapcsolt pillér, azonos hosszakkal, keresztmetszetekkel, csupán a 2. jelű pilléren a függőleges terhelés éppen a duplája, mint az 1. jelűn.

Az 1. ábra bemutatja az egyik variációt, amikor mindkét pillérben azonos mennyiségű betonacél elhelyezése mellett kerestük a minimumot. Különböző arányok beállítása egyaránt eredményre vezet.

5. Negyedik megdöbentő kijelentés: az EC2 szerinti méretezés alkalmasint 30-40 %-kal több betonacélt igényel, mint az MSZ szerinti.

Az MSZ és EC2 (ENV 1992; Eurocode, ki hogy nevezi) szerinti követelmények összevetése jelen van mindennapi életünkben még akkor is, ha sokan nem akarnak róla tudomást venni.

2002. januártól az EU országaiban bevezették az EURO-t, Ausztriában érvényét veszítette a korábbi ÖNORM 4200 (vasbetonszerkezetek méretezése), az új ÖNORM 4700 lépett életbe Eurocode bázison. Németországban bevezették az új DIN 1045-öt Eurocode bázison (még néhány évig a régi is él), s lehetne folytatni tovább a sort. Isten malmai lassan, de biztosan örölnék, mondta egykor a Szabad Európa rádió, és igazuk lett. Így örölnék fel lassan, de biztosan a nemzeti szabványok. "Aki későn lép, megbünteti az élet", mondta Gorbacsov, és neki is igaza lett.

Ily módon aktuálisá vált, hogy elvégezzük számításainkat EC2 és MSZ bázison egyaránt (ha az építető ragaszkodik az EC2 méretezéshez, ki kell mutatni az MSZ megfelelést is). A nagy különbség láttán érthető az MSZ iránti bizalmatlanság. Amikor a Magyar Mérnöki Kamara közgyűlésén az "ötödik megdöbentő kijelentésem" tettem, miszerint Magyarországon törvény kötelez a magyar mérnök társadalom lejáratására, erre gondoltam!

A 2. ábra táblázata mutatja az összehasonlítást. A korábbi elemzések külön taglalják a különbségeket – biztonsági tényezők, különpontosságok számítása, terhelések felvétele –, miközben a gyakorló tervezőt, kivitelezőt a végeredmény érdekli. Input az építetői követelmény – output a szerkezet ára és teljesítménye. A végeredmények összevetése után jöhetnek a részletes eredmények.

A megdöbentően nagy különbségnek több összetevője van. Jellemző például, hogy ha EC2 szerint, a NAD figyelembe vételével számoljuk a Duna jobb partjára eső építmény pillérét, 20 %-kal nagyobb hőterhet kell figyelembe vennünk, mint az egyébként is alacsonyabb biztonsági szintű (és mellesleg hibás) MSZ szerinti bizonyításnál. Diszkriminatív, bürokratikus intézkedés az Eurocode bevezetése ellen a magyar mérnök társadalom európai versenyből történő kirekesztésére!

6. Mi van a megdöbentő kijelentéseim hátterében?

A talán provokatívnak is felfogható kijelentéseimmel fel szeretném hívni a statikus társadalom figyelmét mindennapi életünk ellentmondásaira.

MSZ méretezési szabványaink 1986-os megfogalmazása óta nagyon sok változás történt:

- politikai rendszerváltás, a KGST és ezzel együtt a KGST szabványrendszer összeomlása,
- számítógépes tervezés általánossá válása,
- EN szabványok tömeges megjelenése,
- EU tagságunk reális közelségbe kerülése és így tovább, hosszú a sora a 15 év alatt bekövetkezett változásoknak.

Ma az 1. ábra példájának futtatása kis gyakorlat után 5 perc. Bemenő adat a geometria és a terhelés, eredmény a szükséges vasmenyiség. A változást jól kifejti Gebekken tanulmánya: "Gondolatok az építőmérnökképzésről és ezen túlmenőkről" (Beton und Stahlbeton 2000/7). Egy részletet a szimpóziumon is

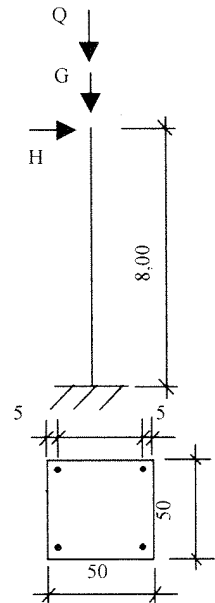
	MSZ 2000 okt. előtt	MSZ 2000 okt. után	EC2 Alföld	EC2 Dunántúl
Q_k	172,80	172,80	172,80	216,00
G_k	540,00	540,00	540,00	540,00
H_k	8,00	8,00	8,00	8,00
$Q_M; Q_{sd} \gamma_Q=1,4; \gamma_Q=1,5$	241,92	241,92	259,20	324,00
$G_M; G_{sd} \gamma_G=1,1; \gamma_G=1,2; \gamma_G=1,35$	594,00	648,00	729,00	729,00
$N_M; N_{sd}$	835,92	889,92	988,20	1053,00
$H_M; H_{sd}$	5,76	5,76	7,20	7,20
$M_M^o; M_{sd}^o$	46,08	46,08	57,60	57,60
e_1 cm	8,03	8,03	4,00	4,00
e_2 cm	22,76	22,76	27,45	27,45
De	30,79	30,79	31,45	31,45
$\Delta M_M; \Delta M_{sd}$	257,37	274,00	310,78	331,16
$\Sigma M_M; \Sigma M_{sd}$	303,45	320,08	368,38	388,76
x_b	8,16	8,68	11,63	12,39
M_{beton}	174,89	183,85	189,61	198,03
$M_{acél}$	128,56	136,23	178,77	190,73
A_s szüks. cm^2	7,65	8,11	10,27	10,96
%	100,00	105,97	134,27	143,25
Beton: MSZ C30 EC2 C30/37	Betonacél: B 60.50			

$$l = 8 \text{ m}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$



2. ábra Szabványok összehasonlítása

felolvastam. Igaz, a német viszonyokra vonatkozik (legalább senkit nem sértek itthon), ha véletlenül itthon is lennének eltávolítandó "önmagukba szerelmesek", ezt nem én mondtam. Íme az idézet:

„Szabványaink tele vannak „főző receptekkel”, szükségtelen bemerevítésekkel. Ezek megkötik a kezét a jól képzett mérnöknek és nagy megterhelést okoznak, gyakran elterelik a figyelmet a fizikai valóságról. Egy kicsit több konzisztens tudással elegáns bizonyítási módszer lehetnének. Johannes Kepler írta: a természet szereti az egyszerűséget, a természet szereti az egységet. A szabványok erősen a konstrukcióra koncentrálnak, kevésbé a bizonyítási módszerekre. Dinoszauruszok a statikai módszerekben, részben 40 évesek, elméletileg konzisztencia nélküliek, de jó kompromisszumok voltak abban az időben amikor a kézi számítások domináltak. A mérnöknek az a benyomása, hogy az intellektuális innováció és a technológiai átadás egyáltalán nem, vagy alig működött az egyes szakágak között. Itt még a legjobb képzés sem segít. Szükséges egy sürgős önkritika, az „önmagukba szerelmeseket” el kell távolítani.”

A Beton újság 2000. októberi számában Both Ferenc reagált Dr. Ujhelyi János „provokatív” cikkére. Igazán örülnék, ha mostani „provokatív” megszólalásomra is kapnék hozzászólásokat. Both Ferenc írja:

„Ennek feloldásához és a helyzet megoldásához azonban indulatoktól mentes, kooperatív légkörre van szükség, legalább a szakmán belül, ahol egymást nem provokálni, hanem megismerni és megérteni akarjuk. Vegyük észre, egy hajóban utazunk.” Szép gondolat, a gond csak az, hogy a hajó megnagyobbodott, most már EU hajóról kell beszélünk, az „egymás”-ba beletartoznak az EU 12 tagállamának és a vagy tucatnyi jelentkezőnek kiváló statikus mérnökei is.

„Elvárjuk, hogy a szabványok ne csak korlátozzanak, hanem egyben valóban védjenek is meg bennünket” mondja szintén az említett írás. Az MSZ szabványok ezt biztosan nem tudják megtenni, ha európai szintű védelemre gondolunk (és egyre kevésbé nevezhető mérnöknek az, aki csak a nemzeti határokon belül tud „mérnök” lenni). Félünk a külföldi konkurenciától? Joggal félhetünk, ha a korszerű, magasabb szintű szabályozásokat ők megtanulják, mi lemaradunk. Vagy kételkedünk benne, korszerű-e a nemzetközi összefogás eredménye? Ne legyünk annyira „önmagunkba szerelmesek”, hogy azt higgyük, mi magyarok tudjuk legjobban, hogyan kell vasbetont tervezni. Lehet, hogy egyesek nem látnak különbséget KGST és EU között, de alighanem kisebbségben vannak ezen véleményükkel. De beszéljünk róla, legyen a párbeszéd a meggyőzés eszköze.