

MŰSZAKI SZEMLE

18. szám
2002.

A szerkesztőség címe:

3400 Kolozsvár,
B-dul 21. Decembrie 1989., nr. 116.
Tel/fax: 40-264-190825, 194042
Levélcím: RO - 3400 Cluj,
C.P. 1-140.
E-mail: szemle@emt.ro
Web-oldal: http://www.emt.ro
Bankszámlaszám:
Societatea Maghiară Tehnico-Științifică
din Transilvania
BCR-Cluj 2511.1-815.1 (ROL)

Szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. Köllő Gábor

Szerkesztőbizottság tagjai:

Dr. Bíró Károly, Dr. Kása Zoltán,
Dr. Majdik Kornélia, Dr. Maros Dezső,
Dr. Puskás Ferenc

Kiadja:

Erdélyi Magyar Műszaki
Tudományos Társaság – EMT
Societatea Maghiară
Tehnico-Științifică din Transilvania
Ungarische Technisch-Wissenschaftliche
Gesellschaft in Siebenbürgen
Hungarian Technical Sciences Society of
Transylvania

Felelős kiadó:

Égely János
az EMT kiadói elnökhelyettese

Nyomda:

Incitato Kft.

ISSN 1454-0746

www.emt.ro

emt@emt.ro

Tartalomjegyzék

Dr. Horváth Ferenc, Dr. Kubinszky Mihály3

A Magyar Keleti Vasút Nagyvárad–Kolozsvár–Brassó
fővonala és a hozzácsatlakozó szárnyvonalak 3

Dr. Farkas György

Nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű
betonok technológiája 10

Dr. Kazinczy László

Állandó értékű élmenti vasúti terhelés
igénybevételeinek számítása 15

Dr. Kiss Zoltán

Korszerű vasbeton csarnokszerkezetek 20

Dr. Köllő Gábor, Orbán Zsolt, Godja Teodor, Muresan Olimpiu

Együttdolgozó acél-beton lemezek
számítógépes tervezése 33

A kiadvány megjelenését támogatta



ILLYES KÖZALAPÍTVÁNY – BUDAPEST

OKTATÁSI ÉS KUTATÁSI MINISZTERIUM – BUKAREST

A Magyar Keleti Vasút Nagyvárad–Kolozsvár–Brassó fővonala és a hozzácsatlakozó szárnyvonalak

Dr. Horváth Ferenc¹, Dr. Kubinszky Mihály²

¹ny. MÁV mérnök, főtanácsos, ²ny. egyetemi tanár

(folytatás a Műszaki Szemle előző számából)

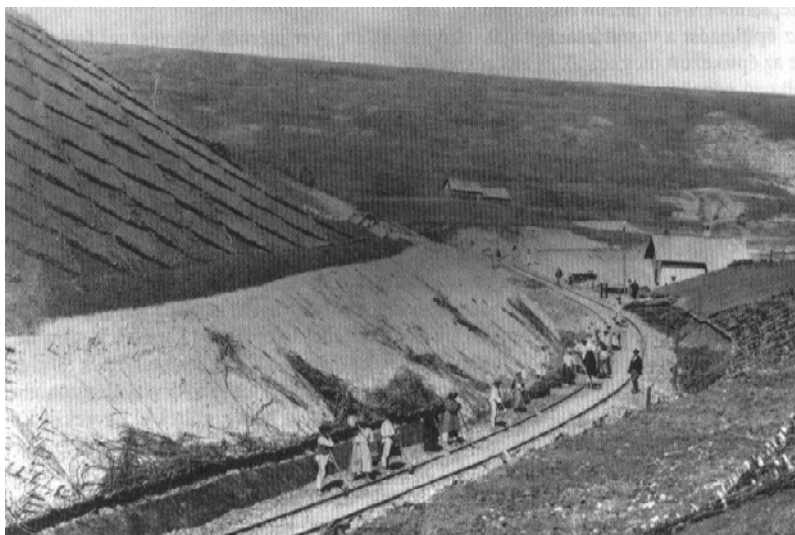
3.3.2. Kolozsvár–Kocsárd–Tövis vasútvonal

A vasútvonal következő, Kolozsvár–Kocsárd–Tövis közötti szakaszát két részletben adták át a közforgalomnak. A Kolozsvár–Kocsárd közötti 68 km-es vonalrész 10 hónap késéssel, az egész vonal utolsó szakaszaként 1873. augusztus 14-én nyitották meg. A hozzácsatlakozó Kocsárd–Tövis 34 km hosszú állomásköz korábban elkészült. Tövistől, Gyulafehérvárig tartó szárnyvonallal (15 km) együtt már 1871. november 20-án felavatták. Ennél a vonalrésznél a késés 11 hónap volt.

A Kolozsvár–Kocsárd szakaszon az előzőeknél is több nehézséggel lehetett csak az alépítményt elkészíteni. Oka ennek jórészt a vasútépítésre szinte teljesen alkalmatlan mezőségi talaj volt.

A vasút Kolozsvárról kiágazó szakasza Apahidáig a Szamos völgyében vitt. Itt az egyetlen nagyobb építmény egy 72 m-es, több támaszú híd volt. Apahida után a Szamos és az Aranyos közötti vízválasztóig 10 %-es emelkedővel haladt a vasút. Az alépítményt a terepviszonyok miatt helyenként csak nagy földmunkával lehetett kialakítani és négy alagutat is kellett építeni.

A vízválasztó után a Virágosvölgyben létesített töltések és bevágások (29. ábra) építése közben a talaj egyensúlya megbomlott és hatalmas méretű csúszások következtek be. A csúszások elkezdődtek már az építkezés idején és folytatódtak az üzembehelyezés után is. 1873. és 1881. évek között csak nagyon költséges helyreállítási munkákkal, víztelenítéssel, szivárgók építésével, töltéscserével, utántöltéssel sikerült helyreállítani a pályát. Ezen a szakaszon emelkedők és lejtők váltakozva követték egymást, legnagyobb értékük elérte a 10 %-ot.

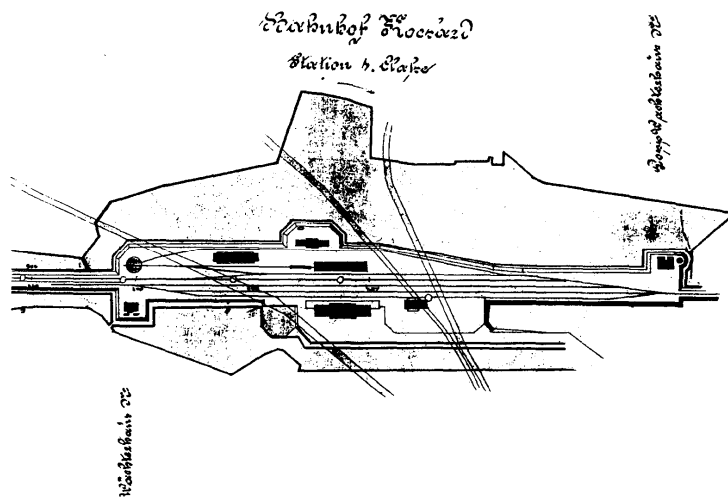


29. ábra

A Magyar Keleti Vasút Virágosvölgy–Kolozskara közötti szakaszán a földmunka kialakítása

Kocsárdtól (30. ábra) Tövisig a vasútvonal teljes hosszában a széles Maros völgyben, végig a folyó jobb partján, jórészt alacsony töltésen vezetett, váltakozva 3-4 %-os emelkedőkkel, illetve eséssel. A Maroson híd nem épült, minthogy a vonal ezen a szakaszon egyszer sem keresztezte azt. Két helyen: Miriszlónál és Nagygyednél közelítette meg a folyó partját, itt partvédművek és sarkantyúk építésével védték a vasutat.

A vonalszakaszon az ívsugarak 275 és 3000 m között változtak.



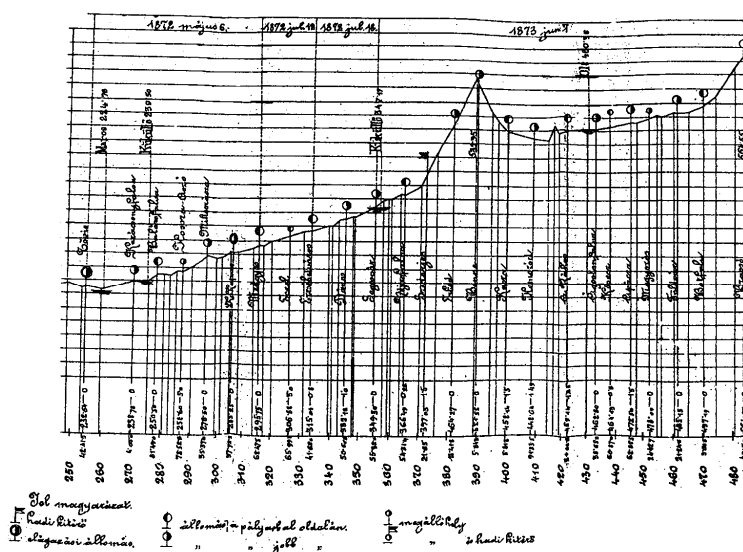
30. ábra
Kocsárd elágazó állomás vágányainak eredeti terve 1870-ből,
elágazás Tövis és Marosvásárhely felé

3.3.3. Tövis–Kiskapus–Segesvár–Brassó vasútvonal

A vasútvonal Tövis és Brassó közötti részét 1872. és 1873. években három részletben nyitották meg: a Tövis–Medgyes közötti szakaszt (62 km) 1872. május 6-án, a medgyes–segesvárit (39 km) 1872. július 12-én, a segesvár–brassóit (129 km) 1873. június 1-jén. Tövis és Brassó között a vonal szinte végig a folyók völgyében haladt. Tövistől kezdve rövid szakaszon a Maros, majd a Küküllő, Balázsfalvától a Kis-, majd a Nagy-Küküllő, ezután a Kézdi, Erked, Bene és Homoród patakok, végül az Olt és a Barca völgyében érte el Brassót.

A pálya ezeket a vízfolyásokat többször keresztezte, emiatt hidakat, a vízvázlatokon való áthaladásnál nagyobb földmunkát kellett végezni és egy alagutat építeni, a szűkebb folyóvölgyekben a folyók medrét szabályozni, partvédműveket létesíteni. Az alépitményi munkák mennyiségét növelte, hogy az árvizek többször megrongálták a pályát. A talajcsúszások miatt sok helyreállítási munkát végeztek már az építkezés időszakában és azt követően is.

A pálya nyomvonalában a folyók irányának követése miatt több helyen kissugarú íveket és nagyobb emelkedőket is be kellett iktatni (31. ábra). Így a pályában 275-325 m sugarú ívek és 9-10 %-es emelkedők is előfordultak. Brassó előtt, a barcasági fennsíkron található viszont az erdélyi vasutaknál ritkaság számba menő 15 km hosszú egyenes szakasz is.



31. ábra
A Tövis–Segesvár–Brassó vonalszakasz magassági vonalvezetése

A vasúti pálya nagy része alacsony töltésen haladt, nagyobb földmunkát csak Balázsfalva, Paratély, Szászsáros, Segesvár, Ders, Homoródbene és Pálos községek közelében kellett végezni. A benei vízvázlasztónál 635 m-es alagutat építettek. A folyók közelsége miatt jelentős volt az alépitményi többletmunka. A Küküllő folyón három helyen 500–1100 m hosszú mederszabályozást, átvágást végeztek. Több helyen hosszabb partvédműveket építettek.

Az árvíz 1876-ban és 1882-ben Erkednél, illetve Kiskapus és Medgyes között rongálta meg a pályát. Emiatt az erkei szakaszon 300 m hosszban a pályát át kellett helyezni és kövel burkolni a földmunkát.

Ezen a szakaszon is sok alépitményi hiányosság keletkezett már az építkezés időszakában és azt követően is. Erked és Kacza között a ramocsai töltés elcsúszott. 1878 és 1879-ben a terület vízmentesítése után új töltést építettek cölöpözött rácsokra állítva. 1877 és 1880 között a vízvázlasztó előtt lévő benei alagút erkei bejárata deformálódott, az alagút előtt lévő támfal mindkét oldalon a nagy földnyomás következtében 85 cm-t eltolódott és így egymástól való távolságuk 170 cm-rel csökkent. 1881-82-ben víztelenítés után mindkét oldalon teherbíróbb új támfalat kellett létesíteni.

A Homoródbene és Pálos közötti bevágásban a pályaszint a hegyoldal csúszása, illetve a nagy földnyomás következtében állandóan emelkedett. Párhuzamos és keresztiszivárgók létesítésével 1877. és 1882. évek között a terület vízmentesítése után a talajmozgás megszűnt.

A Pálos melletti pályarészen a gyenge minőségű, kevésbé teherbíró altalajra épített töltés süllyedt, a cölöpök és a támfal elcsúszott. Víztelenítéssel, a Bene patak medrének áthelyezésével, ellentöltés létesítésével lehetett csak rendbe hozni az alépitményt.

3.3.4. Tövis–Gyulafehérvár szárnyvonal

A Tövis–Gyulafehérvár közötti vasút a Keleti Vasút szárnyvonalaként épült meg, valójában azonban nagyon fontos, az Első Erdélyi Vasút és a Keleti Vasút hálózatát összekötő vonal lett, amelynek az államosítás után még tovább növekedett a jelentősége.

A 15 km hosszú vasútvonalat 1871. november 20-án nyitották meg. A vasútvonal Tövis állomásról délre, kb. 2 km-re ágazott ki a nyílt vonalból, amelyet Tövis „0” ponttal jelöltek. A pálya végig a Maros völgyében, a folyó jobb partján kisebb töltésen vezetett, építése nagyobb nehézséget nem okozott. A vasútvonalon a legnagyobb emelkedő 4 ‰, a legkisebb ívsugár 569 m volt.

3.3.5. Kocsárd–Marosvásárhely szárnyvonal

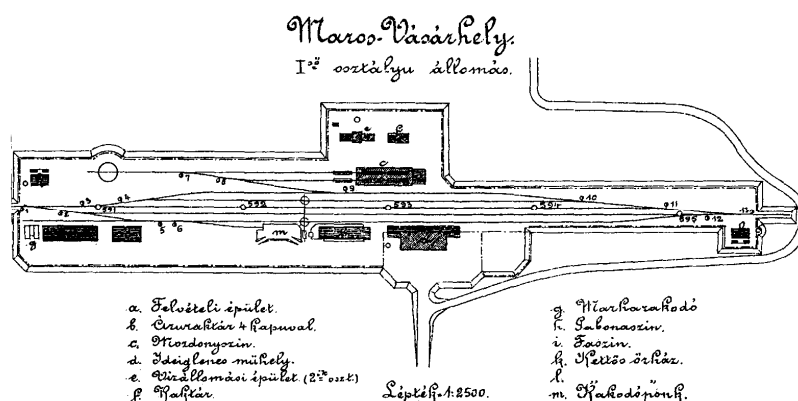
A Keleti Vasút fővonalából, Kocsárd állomásból kiágazva épült a marosvásárhelyi szárnyvonal. Az 59 km hosszú, másodrangú vonalat 1871. november 20-án nyitották meg.

A vasút végig a Maros völgyében haladt, váltakozva a folyó két partján. Emiatt több hosszabb hidat kellett építeni és helyenként a folyómedert is szabályozni kellett. A hidak későbbi átépítésénél több vonalkorrekciót végeztek. A szárnyvonalon a legkisebb ívsugár 500 m, a legnagyobb emelkedő 4,33 ‰ volt.

A vasútvonal nagyobb állomásai Marosludas és Marosvásárhely voltak (32. ábra). A vonal jelentősége a folytatásában épített székely körvasút megnyitása után növekedett meg.

3.3.6. Kiskapus–Nagyszeben szárnyvonal

Az erdélyi fővasút építése körüli vitában erőteljesen résztvevő, és az osztrák kormány által is támogatott Nagyszeben, az erdélyi szászág fővárosa végül fővonal helyett kénytelen volt beérni egy szárnyvonal vasúti csatlakozással.



32. ábra

Marosvásárhely I. osztályú állomás vágányai és épületei 1875-ben

A Magyar Keleti Vasút Nagyvárad–Kolozsvár–Tövis–Brassó vonalából Kiskapusnál ágazott ki a 45 km hosszú szárnyvonal, amely Nagyszebenet bekötötte az erdélyi vasúthálózatba. A szárnyvonalat 1872. október 11-én nyitották meg.

A vasútvonal nagyobb része a Viza völgyében, állandó emelkedésben vezetett Vízaknáig, az Olt és a Küküllő vízgyűjtő területének vízválasztójáig, innen pedig esésben Nagyszeben állomásig, ahol a vonal csónán végződött. A vonalon a legnagyobb emelkedő 10,2 ‰, a legkisebb ívsugár 275 m volt.

Nagyszeben állomáshoz később több helyi érdekű vasút vonala csatlakozott, ami megnövelte az állomás forgalmát és jelentőségét.

3.4. A Magyar Keleti Vasút pályája

A Magyar Keleti Vasút pályájának alépitményét az engedélyokmány alapján 4,0 m koronaszélességgel alakították ki. A rézsúhajlás a földanyag minősége szerint változott, a laza talajoknál 1:1,5 és 1:1,25, a sziklás talajoknál ennél meredekebb 4:1, 5:1 volt a hajlás. A fővonalban Nagyvárad–Kolozsvár–Segesvár között 6,5 m hosszú, 35,5 kg/m tömegű, „a” jelű vassíneket fektettek, szilárd illesztéssel, 7 db talpfával alátámasztva, 93 cm legnagyobb aljközzel. A fővonal utolsó szakaszába Segesvár és Brassó közé már dI jelű, 31,125 kg-os acélsínek kerültek, de ezek hossza és aljbeosztása az előzővel azonos volt. A gyulafehérvári, a marosvásárhelyi és a nagyszebeni szárnyvonalakhoz 6,5 m hosszú, 32,5 kg-os, „b” jelű vassíneket használtak, az előzőekkel szintén megegyező aljbeosztással.

Az építéskor a fővonalhoz 31,5 ezer tonna, a szárnyvonalakhoz 8,6 ezer tonna sánt, 713 ezer tölgy talpfát, a vágánykapcsolatokba 338 csoport kitérőt és 80 fordítókorongot helyeztek el.

A kopott vassínek acélsínekre való cserélését a MÁV az államosítás után azonnal megkezdte. A síncserénél az első években 7,5-8,0 m-es, 33,25 kg-os „c” jelű acélsínt fektettek, lengő illesztéssel, 9-10 db talpfával alátámasztva, 85-97 cm-es aljtávolsággal. 1890-től 9,0-12,0 m hosszú, szintén „c” jelű, de 34,5 kg-os acélsínt használtak. A nagyobb tömegű 42,8 kg-os „I” jelű sínek fektetését a század első évtizedében kezdték el. Ezek 12 m hosszúak voltak, 14-15 db talpfával támasztották alá azokat, így a legnagyobb aljtávolság 84-89 cm-re csökkent. Az első világháború végén a vonal Kolozsvár–Tövis–Brassó közötti szakaszán nagyjából „I” rendszerű sínekből állt a felépitmény. Minthogy a Keleti Vasút fő- és szárnyvonalai csaknem teljes hosszukban folyóvölgyekben vezettek, emiatt a folyókon való átkelésnél több nagy hidat, a folyók mentén partvédműveket, támfalakat, a vízválasztóknál és a nagyobb bevágások helyén több alagutat kellett építeni.

A vasútvonalon az építéskor összesen 1086 db műtárgyat létesítettek, 6285 m nyíláshosszal. Közülük 196 db 0,4-0,6 m-es csőáteresz (nyíláshosszuk 130 m), 403 db boltozott átereszt (705 m), 416 db faszerkezetű híd (4608 m) és 71 db vasszerkezetű híd (843 m) volt. Az építéskor a nyílás hossza alapján a műtárgyak csaknem 3/4 része fából készült, ami nagy fenntartási költséget rótt a vasúttársaságra, illetve később a MÁV-ra. Emiatt a MÁV az államosítás után igyekezett gyors ütemben kicserélni a fahidakat vasszerkezetre. Ez az első világháborúig jórészt meg is történt.

A Nagyvárad–Kolozsvár vonal első szakasza a Sebes-Köröst két ízben, két nagyobb hídon keresztezte. A Nagyvárad és Váradvelence közötti 154 m hosszú híd fából készült, amit 1885-ben építettek át 95,4 m hosszú kétnyílású, alsópályás, egyszeres rácsoszású, trapéz tartós vasszerkezetre. Mellé került 2x47,6=95,2 m nyílású rácsos híd a Nagyvárad–Váradvelence közötti második vágány építésekor. A második Körös híd Rév és Brátka között eleve vashídként épült, először 58,8 m nyíláshosszal, majd 1889-ben ezt is átépítették 63,8 m hosszú, 3 nyílású kő hídfőn és pilléreken nyugvó alsópályás, párhuzamos övű, szimmetrikus rácsoszású vasszerkezetre.

A Szamoszt Kolozsvár után 72,8 m (4x18,2 m) hosszú alsópályás rácsos hídon lépte át a vasútvonal.

A Kolozsvár–Tövis közötti vonalszakasz építésekor az Aranyos folyó régi és új medrét 50, illetve 80 m hosszú faszerkezetű hídon keresztezte a pálya. Ez utóbbit később átépítették 4x20 m-es vasszerkezetű híddá. Ugyanezen fővonal a mellékvölgyek kisebb vízfolyásain Felvincznél 20 m, Nagyenyednél 40 m, az Ompoly patakon 84 m hosszú faszerkezetű hídon, a Maros felett pedig Tövisnél 132 és 140 m hosszú facölöpökön nyugvó fagerenda szerkezetű hídon vezetett át. Ennek a meder feletti részét 1893-ban 3x52=156 m hosszú, alsópályás, kéttámaszú, görbített felső övű, kőpilléreken nyugvó szerkezetre cserélték ki.

A Tövis–Brassó szakasz nagyobb műtárgyai: a Kis-Küküllőn 84 m-es (7x12 m) fahíd Karácsonfalva és Balázsfalva között, a Nagy-Küküllőn 198 m-es (2x8 és 14x 13 m) fahíd Mikeszásza és Kiskapus között, 8 nyílásos 94,5 m-es, 7 nyílásos 80,6 m-es és 7 nyílásos 81,3 m-es fahíd Dános és Segesvár között, 8 nyílásos 94,2 m-es fahíd Segesvár és Héjjasfalva között, az Olton 10 nyílású 165,3 m-es fahíd Alsó-Rákos és Ágostonfalva között. A Viza patakon 120 m-es (2x8 és 8x13 m) fahíd Mikeszásza és Kiskapus között. Ezekon kívül a kisebb patakokon is számos hosszabb, nagyjából fából készült műtárgy vezetett át: a Gyógyi patakon 48 m-es (4x12 m) fa-, a Keszler patakon 23 m-es vas-, a Kézdi patakon 5 nyílású 52 m-es fa-, az Erked patakon 2 nyílású 29 m-es vas-, és 3 nyílású 33,5 m-es fa-, a Homoród patakon 3 nyílású 30 m-es, 2 nyílású 20 m-es és 4 nyílású 40 m-es fa-, egy 50 m-es vas-, a Barczán 4 nyílású 50 m-es és ugyancsak 4 nyílású 42 m-es fahíd.

A szárnyvonalak közül a kocsárd–marosvásárhelyi az Aranyost 50 és 81,6 m-es, a Marost két 120 m-es (6x20 m) és három 160 m-es (8x20 m), a Nyárádot egy 20 és két 40 m-es (2x20 m) fahíddal szelte át.

A Kiskapus–Nagyszeben vonalat a Sályá patak felett 67 m-es, a Vizánál 53 és 82 m-es, a Rőzsi patakánál 48 m-es, a Szelindek patakánál 30 m-es, a Czibin patakánál 58 m-es faszerkezetű híddal keresztezte. A Viza völgy felett 154 m hosszú, 16 m magas faszerkezetű viadukton haladt át a vasút.

A legtöbb fahidat rövid idő múltán átépítették vasszerkezetre. Az Olt folyó fahídja helyére 1886-ban 130 m hosszú (2x35 és 1x60 m) alsópályás, trapéztartós, köpillérekre helyezett vashíd került. 1887. és 1896. évek között hat Küküllő hidat cseréltek át vasszerkezetűre, közöttük egy 77 m-es (1x25 és 1x52 m), egy 78 m-es (2x39 m), három 80 m-es (1x30 és 1x50 m) és egy 130 m-es (1x30 és 2x50 m) fahidat. Valamennyi vashíd alsópályás, kéttámaszú, görbített vagy párhuzamos övű, rácsos acél híd volt, köpillérekkel alátámasztva. Kicserélték a Maros folyó fahídjait is vasszerkezetekre.

A Sebes–Körös, Aranyos, Maros és Küküllő folyókat a vasút kedvezőbb vonalvezetése érdekében több helyen 200-1200 m hosszú szakaszokon szabályozták, medrüket áthelyezték, illetve átmetszéseket készítettek. A folyók közelében a változó vízállás és az árvizek miatt nagy hosszakban kőhányásokkal, kőakatokkal és kőburkolattal védték a töltések rézsú oldalait. Ennek ellenére a folyók áradásaikkal nemcsak az építés közben, hanem az üzemben lévő pályában is gyakran okoztak kárt.

Az Aranyos vize 1880-ban rongálta meg az alépitményt. Ezután a hidat 20 m-rel meghosszabbították és nagy költséggel a partszakadások megakadályozására partvédműveket létesítettek.

A Nagy–Küküllő 1882-ben Kiskapus és Medgyes között, az Erked patak 1876-ban Erked és Szedres között rongálta meg a pályát.

A változatos terep, a vízválasztókon való áthaladás miatt a vonalban több alagutat kellett építeni. A Nagyvárad–Kolozsvár közötti szakaszon alagút készült: Rév mellett (78 m) (33. ábra), Bratkánál (185 m), Bucsánál (270 m). Sztánánál utólag boltozták be a bevágást 219 m hosszban. Kolozskara és Virágosvölgy között négy (183, 337, 232, 81 m hosszú), Erked és Bene között egy alagutat (635 m) létesítettek.

Az alagutakat trachit, mészkő, agyag, kékagyag, agyagpala, agyagos homok, homokpala rétegekben alakították ki, nagyjából az angol alagút építési rendszer szerint, részben egyenes, részben íves pályarészen. Egy kivételével valamennyi alagutat ki kellett falazni, négyenél fenékboltozatot is létesítettek. A boltozatok falvastagsága a vállban 0,6-0,8 m, a zárkőnél 0,5-0,7 m volt.

A Magyar Keleti Vasút vonalán a legnagyobb állomás a nagyvárad volt, amihez a társaság vonalhálozata csatlakozott. Nagyvárad állomást 1858-ban a Tiszavidéki Vasút építette, annak tulajdonában is maradt. A csatlakozáskor bővítették, a vágányok számát növelték. A Keleti Vasút szerződés alapján használta az állomást. 1871-ben ugyaninnen indította ki Szeged-Eszék vonalát az Alföld-Fiumei Vasút. 1887-től kezdve pedig több helyi érdekű vasútvonal ágazott ki Nagyvárad állomásról. Így az állomást szinte folyamatosan bővítették.

A vasúttársaság több vágányos nagy állomásokat épített az érintett erdélyi nagy városoknál: Kolozsvárott (34. ábra), Segesvárott, Brassóban, Marosvásárhelyen, Nagyszebenben. Több vágányos állomásokat létesített a vasút elágazási helyein Gyéresen, Kocsárdon, Tövisen és Kiskapuson. Később mind a nagyobb városok, mind az elágazási helyek állomásait több ízben bővíteni kellett, részben a forgalomnövekedés, részben az újonnan létesülő csatlakozó mellékvonalak, helyi érdekű vasutak miatt. Nagyobb bővítést hajtott végre a MÁV közvetlen az államosítás után és a későbbi időben is több állomáson (Brassóban, Kolozsvárott, Nagyváradon stb.). Sok állomást nagyobbítottak meg az első világháború alatt is a zavartalan hadi forgalom érdekében.

A vasútvonal jelentősebb állomásai voltak még: Csúcsa, Bánffyhunad, Apahida, Kolozskara, Felvincz, Nagyenyed, Küküllőszeg, Balázsfalva, Medgyes, Erzsébetváros, Héjjasfalva, Ágostonfalva, Botfalu és Marosludas.

A nagy állomásokon az átmenő vágányon kívül négy-hat forgalmi, egy-két rakodó és fűtőházi vágányon bonyolították le a forgalmat. A kisebb állomások 3–4 vágányosak voltak, a forgalmi kitérőknél egy kitérő vágányt építettek. 22 állomáson lehetett vizet vételezni.

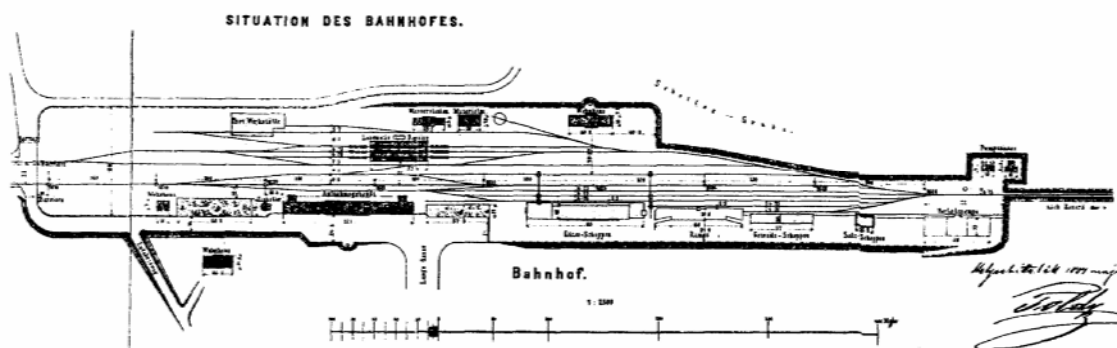
A nyílt vonalat az engedélyokmány alapján egyvágányúra alakították ki. Második vágányt csak a forgalom nagyobb mértékű növekedése esetén kellett volna építeni. Erre azonban nem került sor a MÁV időszakában.



33. ábra

Rév és Bratka közötti alagút

A Magyar Keleti Vasút az akkori előírásoknak megfelelően minden vonala mentén távirka vezetékkel helyezte el, az állomásokon pedig 59 Morse gépet. Az egyes állomások előtt 14 villamos, 87 forgatható és 25 szilárdan álló védőjelzőt, az elsőrendű vonalakon nyugtató jelzőket, az őrházaknál villamos harangjelzőket szereltek fel.



34. ábra

*Kolozsvár állomás és műhely vágányhálózatának állapota 1875 augusztusában.
A helyszínrajzot 1881 májusában helyesbítették*

A vasúthálózat tényleges összes építési tőkéje 1879-ben 108,5 millió Ft-ot tett ki, így a vonal teljes építése kilométerenként 179,5 ezer Ft-ba került.

A Magyar Keleti Vasút üzemét az államosításig önállóan, saját járművekkel bonyolította le. A társaság tulajdonában 50 mozdony, 123 személy-, 901 teherkocsi, 6 egyéb jármű volt.

A Magyar Keleti Vasút járművei a korabeli megállapítások szerint csinosak, célszerűek voltak, valamennyin magyar nyelvű Magyar Keleti Vasút vagy M.K.V. felirat volt. A mozdonyokat a Sigl gyár szállította, nevet nem viseltek, csak számozást. Az I. csoportba sorolták a gyors, a II-be a vegyes, a III-ba a tehervonati mozdonyokat. A személy- és teherkocsikat nagyobb részt hazai gyárak készítették. Az államosítás után a MÁV a járműállagot átvette és sajátjába sorolta.

A Magyar Keleti Vasút vonalhálózatán fűtőház működött Nagyváradon, Kolozsvárott, Gyéresen, Kocsárdon, Tövisen, Kiskapuson, Segesváron, Brassóban, Marosvásárhelyen és Nagyszebenben, főműhelye Kolozsvárott, alműhelye Brassóban és Segesváron.

A vasúttársaság legforgalmasabb vonalszakasza a nagyvárad–kolozsvári volt. A megnyitás évében ezt a 153 km-es utat a leggyorsabb vonat 5 óra alatt tette meg (utazási sebesség 30 km/h) (35. ábra). A menetidő a két nagy erdélyi város között 1918-ban 4 óra 10 perc (sebesség 36 km/h), 1940-ben 2 óra 45 perc volt (sebesség 56 km/h).

A Kolozsvár–Brassó közötti út 1873-ban 20 órát, 1918-ban 9,5 órát vett igénybe.

H I R D E T É S E K.



Magyar Keleti vasút. A személy- és vegyes-vonatok menetterve a nagyvárad-kolozsvári vonalon 1871. évi június 15-étől kezdve, érvényes.

Nagyváradról Kolozsvár-felé					Kolozsvárról Nagyvárad-felé				
Állomások.	Személyvonat. 1. sz.		Vegyes vonat. 3. sz.		Állomások.	Személyvonat. 2. sz.		Vegyes vonat. 4. sz.	
	érkezik óra pr.	elindul óra pr.	érkezik óra pr.	elindul óra pr.		érkezik óra pr.	elindul óra pr.	érkezik óra pr.	elindul óra pr.
Bécs északi v. „ államvasút	estv	8:15	reg.	7:45	Kolozsvár	reg.	5:15	d. n.	11:31
Post	„	8:25	„	7:55	Magyar-Nádas	5:38	5:39	11:58	12:3
Czegléd	reg.	7:30	este	6:5	Egeres	6:11	6:16	12:42	12:50
Szolnok	„	10:33	„	8:55	Bánffy-Hunyad	7:13	7:16	1:55	2:23
Püspök-Ladány	„	11:22	„	9:58	Csucsá	8:—	8:5	3:23	3:52
Nagyvárad	d. u.	2:35	éjjel	1:15	Brátka	8:13	8:45	4:45	4:55
Mező-Telgd	4:47	5:10	4:45	5:25	Rév	9:16	9:21	5:29	5:41
Eled	5:52	5:54	6:22	6:35	Étesd	9:42	9:44	6:9	6:29
Rév	6:14	6:16	7:2	7:13	Mező-Telgd	10:4	10:9	6:56	7:11
Brátka	6:37	6:42	7:42	7:57	Nagyvárad	10:51	11:22	8:6	8:51
Csucsá	7:10	7:11	8:33	8:47	Püspök-Ladány	1:23	d. u.	11:56	éjjel
Bánffy-Hunyad	7:53	7:56	9:42	10:17	Szolnok	4:38	„	4:19	reg.
Egeres	8:42	8:46	11:16	11:51	Czegléd	5:32	„	5:55	„
Magyar-Nádas	9:42	9:45	12:51	1:6	Pest	8:37	este	8:43	„
Kolozsvár	10:17	10:19	1:45	1:53	Bécs államvasút	6:9	reg.	6:36	este
	10:42	estv	2:21	d. n.	„ északi vasút	6:19	„	6:49	„

35. ábra

A Magyar Keleti Vasút Nagyvárad–Kolozsvár közötti vonalszakaszának menetrendje
1871. június 15-től kezdve

Dr. Horváth Ferenc–Dr. Kubinszky Mihály
MAGYAR VASÚTI ÉPÍTKEZÉSEK ERDÉLYBEN című könyv alapján

(Folytatása következik)

Nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok technológiája

Dr. Farkas György

egyetemi tanár, tanszékvezető,
BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

Rövid kivonat

Az elmúlt évek tapasztalatai szerint a vasbeton építésben egyre nagyobb jelentősége van a korrózióból származó szerkezeti károsodások megelőzésének.

A szerkezetek tartóssága növelésének egyik lehetséges eszköze a nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok széles körű alkalmazása lehet. A hazai építési gyakorlatban az ilyen betonok alkalmazásának bevezetése vontatottan halad. Ennek egyik oka a korszerű betontechnológiák nem eléggé széleskörű ismerete lehet. A cikkben összefoglaltam azokat az alapelveket, amelyek a nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok készítésénél lényegesek.

1. Bevezetés

Az elmúlt évek hazai és nemzetközi tapasztalatai egyértelműen igazolták, hogy a vasbetonból készült építmények tartósságát alapvetően befolyásolja az alkalmazott betontechnológia, illetve a beton készítésére vonatkozó technológiai előírások szigorú betartása. Ezt több tényező is alátámasztja, melyek közül talán leginkább ismertek a közúti vasbeton hidak újabban egyre gyakrabban jelentkező időállósági problémái, az IMS rendszerű előregyártott, utófesztett épületszerkezeteknél általánosan mutatkozó korróziós károsodások, de ide sorolhatjuk az egyéb típusú, tárolásra alkalmas, vagy más ipai jellegű építmények vasbeton és fesztett vasbeton szerkezeteinél is mind sűrűbben tapasztalható tartóssági problémák jelentkezését is.

A károsodások kialakulása a legtöbb esetben egyértelműen a szerkezeti beton struktúrájának időbeni megváltozására vezethető vissza, aminek következtében a betonba beágyazott acélbetétek korrózió elleni védelme meggyengül, megindul és egyre erősödik a betétek rozsdásodása, amely rövid időn belül visszafordíthatatlan folyamattá válik. Ez a folyamat vasbeton, de különösen fesztett vasbeton tartószerkezeteknél alapjaiban veszélyezteti a szerkezet teherbírását és előbb vagy utóbb mindenképpen beavatkozást tesz szükségessé a biztonságos teherviselés biztosítása érdekében. Svájcban például napjainkban a vasbeton hidak felújítási, rehabilitációs munkáinak volumene lényegesen meghaladja az új műtárgyak építésének volumenét.

A vasbetonépítés történetének első szakaszában, mintegy nyolc évtizeden keresztül elterjedt volt az a nézet, hogy a vasbetonból készült szerkezetek karbantartására, az acélszerkezetekkel ellentétben, nem kell különösebb gondot fordítani, hiszen ezek az építmények ellenállnak az idő vasfogának, a betonba beágyazott acélbetétek pedig a beton jellegzetesen lúgos, 12 feletti PH értéke következtében, a korrózió ellen védettek. Ez az állítás többé-kevésbé igaznak volt tekinthető századunk első felében, azonban elsősorban a felgyorsult ipari fejlődés következtében kialakuló egyre agresszívabb atmoszférikus hatások következményei, valamint a sókorrózió egyre nyilvánvalóbbá tették, hogy a hagyományos technológiával készített betonok egyre kevésbé alkalmasak a mindinkább előtérbe kerülő tartóssági követelményeknek megfelelni, és ennek következtében a szerkezeti beton készítésének technológiáját mind monolit, mind pedig előregyártott szerkezetek építésénél új alapokra kell helyezni.

2. Nagyszilárdságú (HSC), nagy teljesítőképességű (HPC) betonok a szerkezet tartósságának szolgálatában

Féret francia mérnök már 1897-ben megállapította, hogy a beton nyomószilárdsága négyzetes arányban nő a cementadagolással és fordítottan arányos a keverékben lévő víz, illetve levegő mennyiségének térfogatával. A friss betonkeverékben alkalmazott víz-cement tényező csökkentése tehát, azonos cementadagolás esetén, hatékony eszköz lehet a beton nyomószilárdságának növeléséhez. A cement hidratációjához kémiailag szükséges víz feletti vízmennyiség egy része gélvíz formájában kötődik meg a betonban, a többi pedig elpárolog és kapillárisokat hagy maga után. A kapillárisok kialakulása következtében a beton pórusos-sá, vízáteresztővé válik, ezért a kapillárisok mennyiségének növekedésétől és azok eloszlásától függően egyre kevésbé képes ellenállni a külső, agresszív környezeti hatásoknak. A keverék víz-cement tényezőjének csökkentése tehát nem csak a beton szilárdságát, hanem annak a korrózióval szembeni ellenállását is növeli. A nagyszilárdságú (High Strength Concrete, vagy HSC) betonok alkalmazása ezért a szerkezetek tartóssága fokozásának hatékony eszköze lehet.

A különböző külső hatásokkal (fagy, sólé behatolás, kopás, agresszív atmoszférikus hatások, stb.) szembeni ellenállás fokozása azonban nem csak a beton szilárdságának növelésével, hanem különböző adalékszereknek, pl. zárt légpórusképzőknek a friss betonkeverékben történő megfelelő adagolásával is elérhető. Ezeknek a szereknek a hatása nem mindig jár együtt a beton szilárdságának növekedésével. Az ilyen betonokat valamilyen külső követelmény szempontjából nagy teljesítőképességű (High Performance Concrete, vagy HPC) betonoknak nevezzük. A nemzetközi szakirodalomban a hagyományostól eltérő tulajdonságú betonokat közös néven HSC/HPC betonoknak szokás nevezni, bár egy konkrét esetre vonatkozóan a kétféle tulajdonság nem mindig jelenik meg egyidejűleg.

A beton szilárdsága szerint, a jellemző nyomószilárdságok alapján a különböző betonok, kissé önkényesen, a következő kategóriákba sorolhatók [1]:

6 - 20 N/mm ² :	„kőműves” beton,
25 - 40 N/mm ² :	„hagyományó” beton,
50 - 100 N/mm ² :	nagyszilárdságú beton,
120 - 250 N/mm ² :	szuperszilárdságú beton,
400 - 800 N/mm ² :	hiperszilárdságú beton.

A nagy teljesítőképességű betonok legfontosabb jellemzői a szilárdságtól függetlenül a korrózióállóság, vízzáróság, fagyállóság, kopásállóság és szívósság. Általában kijelenthetjük, hogy a nagy-, szuper- és hiperszilárdságú betonok eleget tesznek a nagy teljesítőképességű betonokkal szemben támasztott követelményeknek is. Ezzel szemben a hagyományos betonosztályok szerint készített betont nem nevezhetjük nagy szilárdságúnak, de az adott esetben ettől függetlenül eleget tehet nagy teljesítőképességű betontól elvárt követelményeknek.

3. A nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok készítése

Mint azt az előzőekben láttuk, a *víz-cement tényező csökkentése* az egyik alapvető feltétele a nagyszilárdságú, korrózióálló betonok előállításának. A kötéshez kémiaiilag szükséges víz mennyisége körülbelül a cementtartalom 25%-a. A friss betonkeverék víz-cement tényezője természetesen nem csökkenthető tetszőlegesen a kémiaiilag szükséges vízmennyiségig a keverék bedolgozhatóságának rohamos romlása nélkül. A megfelelő bedolgozhatóság elengedhetetlen feltétele annak, hogy a megszilárdult beton kellőképpen tömör, vagyis a tartóssági követelményeknek megfelelő szerkezetű legyen. A víz-cement tényező csökkentése esetén a betonkeverék megfelelő bedolgozhatósága *képlékenyítő szerek*, illetve folyósítók (akrilát, naftalin, lignin, melamin, stb.) alkalmazásával biztosítható. Ezek megfelelő adagolásával elérhető a keverékben lévő szilárd részecskék egyenletesebb eloszlása, aminek következtében a kötéshez feltétlenül szükséges vízmennyiség a cement tartalomnak akár 20%-áig is csökkenthető.

Az adalékszerek hatásának mágneses rezonancia vizsgálata azt mutatta, hogy a folyósító szerek a szilárd részecskék felületén összefüggő filmet alkotnak és ennek hatására a keverékben lévő vízmolekulák mobilitása megnövekszik. A részecskék egyenletesebb eloszlása és a vízmolekulák megnövekedett mobilitása együttesen a keverék reológiai tulajdonságainak javulását eredményezik.

Optimális hatás természetesen csak az adalékszerek megfelelő adagolásával érhető el. A korszerű adagolás leghatékonyabb módja a betongyárba telepített adagolóberendezés. Minthogy az adalékszerek hatását számos tényező, például az alapanyagok fajtája és tulajdonságai, a betonkeverék összetétele és a hőmérséklet befolyásolják, minden esetben szükséges az alkalmazási feltételekhez igazodó próba-keverék készítése és ellenőrzése az adagolás beállítására [2].

Az adagolásnál biztosítani kell, hogy a szer a keverékben egyenletesen el tudjon keveredni. Az elkeveredés akkor a legjobb, ha a szert a keverővízzel együtt, vagy a keverés végén adagoljuk a betonba. Száraz keverékbe történő adagolás lerontja, vagy csökkenti az adalékszer hatását. Az adalékszereket általában szabad egymással kombinálva alkalmazni, de ügyelni kell arra, hogy csak betontechnológiai szempontból indokolt kombinációkat, például folyósító és légpórusképző, vagy képlékenyítő és kötéskezelő, alkalmazzunk. Ilyen esetben az adalékszereket a keverékbe egymás után célszerű adagolni. Nem szabad az adalékszereket előre összekevert állapotban a betonba adagolni.

A kutatási eredmények tanúsága szerint a friss betonkeverékben alkalmazott adalékanyag és cement keveréke akkor tekinthető optimálisnak, ha abban a két anyag felülete közel azonos. A cement típusának megválasztásával annak felülete adva van (350-420 m²/kg). Az adalékanyag összfelületében döntő a finomszemcse mennyisége, minthogy a 2 mm alatti szemcsék felülete elérheti akár az összes szemcsfelület 80 %-

át is. Az adalékanyag megfelelőségének megítélésére ezért a hagyományos szemeloszlási görbe és finomsági tényező általában nem elégséges, mivel egyazon finomsági tényezőhöz nagyságrendileg eltérő felületek is tartozhatnak.

A finomszemcsék mennyiségében és ezzel az adalékanyag összfelületében döntő szerepe van a 0,002 mm-nél kisebb átmérőjű agyag-, illetve a 0,002 és 0,02 mm közötti átmérőjű iszapszemcséknek. Ezek azonban lágy anyagok lévén kedvezőtlenül befolyásolják a beton szilárdságát. Vízfeltevő képességük nagy, ezért a nagy agyag- és iszaptartalmú betonok zsugorodási és kúszási jellemzői kedvezőtlenek. Általánosan kijelenthetjük, hogy az agyag és iszap egyértelműen káros a betonra és a nagyszilárdságú betonok készítésének egyik fontos követelménye, hogy az agyag- és iszapmentes legyen. Ez legegyszerűbben mosott adalékosztályozással érhető el.

A nagy-, szuper- és hiperszilárdságú betonok előállításának egyik legfontosabb alapanyaga a szilikapor, mely anyag az öntvények gyártásához készített öntőforma homokjának az öntés befejeztével létrejövő maradványa. A szilikapor lényegében igen finom szemcséjű kvarchomok, melynek kémiai összetétele nagyon hasonló a portlandcementéhez. Előnyös tulajdonsága, hogy aktívan vesz részt a kötési folyamatban. Gyakorlatilag 15-30%-a cementként vehető figyelembe a betonkeverékben. Fajlagos felülete rendkívül nagy, 15000-20000 m²/kg, a hagyományos portlandcement fajlagos felületének mintegy ötvenszerese. Összehasonlításképpen érdemes megjegyezni, hogy a dohányfüstben található korom fajlagos felülete „csupán” 10000 m²/kg.

Az adalékanyag és a cement optimális felületarányának eléréséhez szükség van a betonkeverékben finomszemcsékre. Megfelelő mennyiségű finomszemcse a korszerű betontechnológia szerint a keverékhez adagolt szilikapor vagy pernye alkalmazásával biztosítható. Tájékoztatásul, homokos kavics adalékanyag esetén, mosott adalékosztályozással és megfelelő mennyiségű szilikapor hozzáadása mellett az optimális felületarány úgy érhető el, hogy az adalékban a 4 mm és ennél kisebb átmérőjű szemcsékből képzett homoktartomány tömege a kavics tömegének mintegy 70%-a legyen. A szilikapor tömege szokásos esetben a keverékhez adagolt cement tömegének 7-15%-a között változhat. A keverék víz-cement tényezőjének meghatározásánál, annak hidratációs képessége miatt, a cement mennyiségéhez a szilikapor tömegének mintegy 15-20%-át hozzá kell adni.

A nagyobb szilárdság mellett a szilikapor hozzáadásával készített betonok fontos tulajdonsága a nagy teljesítőképesség is. Ezen belül igen lényeges a betonba ágyazott acélbetétek korrózió elleni védelmében játszott szerepe. A BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén végzett kísérletek is azt igazolták [3], hogy az acélbetétek korrózió-érzékenysége a keverékben alkalmazott szilikapor növelésével erőteljesen csökken.

A nagyszilárdságú betonból készített próbatestek nyomó szilárdságvizsgálatának törésképei azt mutatják, hogy az adalékanyag szemcséi eltörnek, így azok saját szilárdságukkal részt vesznek a beton teherbírásában. Ha az adalékanyag geológiai és/vagy szilárdságilag nem homogén, akkor ez megmutatkozik a beton szilárdsági jellemzőiben is, mégpedig úgy, hogy azt az alacsonyabb szilárdságú adalékszemcsék determinálják. Az adalékszemcsék esetleges rejtett repedései ugyancsak kedvezőtlenül befolyásolják a beton szilárdságát. Tapasztalatok szerint ilyen rejtett repedések gyakrabban fordulnak elő a nagyobb átmérőjű szemcsékben. Ezért a nagyobb szemcsék beépítését a nagyszilárdságú betonokba célszerű korlátozni.

Az adalékanyag szemcséinek alakja szempontjából ideális lenne a gömb alak, mivel ennek a legkisebb a felülete és ezáltal legkevesebb a cement- és vízigénye. Ilyen formájú szemcsékből álló adalékanyagok mesterseges előállítására egyre több próbálkozással találkozhatunk a nemzetközi szakirodalomban, összekötve ezeket a kísérleteket könnyű adalékok, például igen keményre égetett agyagból készült adalék gyártásával. A gömb alakú adalékszemcsék a szilikaporról együtt egymáson elgördülő tömegeket képeznek a keverékben, és ezzel elősegítik nagyobb tömörségű beton kialakulását.

A homokos kavicsot szokás zúzottkő adalékkal helyettesíteni a betonkeverékben. A zúzottkőnek azonban nagy a relatív felülete, ezért szilárdsági szempontból fölös mennyiségű cementet igényel. Ezen kívül a zúzottkő adalékkal készült betonban a szemcsék alatt léghézagok képződhetnek, ennek következtében a szilárdság csökkenésével kell számolni. Ezért zúzottkő alkalmazása nagyszilárdságú betonok adalékként nem előnyös.

A megszilárdult beton tulajdonságai szempontjából kifejezetten hátrányos az a ma még gyakran, különösen kisebb volumenű, kőműves jellegű építkezéseken tapasztalható eljárás, amikor a betonkeverés első fázisában a cementet száraz adalékanyaggal keverik össze. Ez azt eredményezi, hogy a kötés szempontjából éppen a legfontosabb helyen, az adalékszemcse és a cement közötti érintkezési ponton nincs víz a hidratációhoz. A cement ezeken a helyeken mintegy bepiszkítja az adalékszemcse felületét. Az ilyen keverési technológia értelemszerűen a beton szilárdságának csökkenésével jár.

Az előzőek miatt célszerű a betonkészítéshez szükséges víz mennyiségének felét-kétharmadát a cementadagolás előtt az adalék megnedvesítésére felhasználni. Tapasztalatok azt mutatják, hogy ezzel a keverési technológiával adott esetben akár 10-15%-al is növelhető a megszilárdult beton szilárdsága.

A hidrofób cementszemcsék átmedvesedése és ennek következtében hidratálódása is kéregszerű lesz, ha a szemcsék átmérője nagyobb a kötési idő alatt átmedvesedő réteg vastagságának kétszeresénél. A kéregszerűen hidratálódó hagyományos cement lassan szilárduló betont eredményez. Ez elsősorban előregyártó üzemekben készült szerkezeti elemek gyártásánál hátrányos, mivel hosszú forgásidőt eredményez a zsaluzatok újrafelhasználásánál, de a korszerű monolit technológiák alkalmazásánál is kedvezőtlen, mivel manapság egy beruházás megtérülése szempontjából egyáltalán nem elhanyagolható tényező az építési idő. A szilárdulás gyorsítása érdekében szokták az ilyen betonokat gőzöléssel érlelni, de bizonyos konzisztencia javító szerekkel is lerövidíthető a kötési idő. Korszerű betontechnológiával úgy iktatható ki a gőzölés, hogy a hagyományos cementek helyett finom őrlésű, például rapid cementet alkalmazunk. Ezzel elérhető, hogy a kéregszerű átmedvesedés a cementszemcse teljes átmérőjére kiterjed viszonylag rövid kötési idő alatt.

A szilárdulási idő lerövidítésének másik lehetősége az úgynevezett *aktivátoros betonkeverők* használata. Az aktivátoros betonkeverőgépbe az alapforgású keverőtányér és lapátok mellett be van építve egy az alapforgásnál kb. tízszeres forgási sebességgel forgó lapáteggyűttes, amely az adalékanyaggal együtt darabolja, darálja a cementszemcséket is. Ezzel a művelettel a gép elvégzi a cement nedves őrlését, aminek eredményeként olyan szemcseátmérek jönnek létre, amelyek teljes tömegükben rövid idő alatt képesek hidratálódni. Az aktivátoros betonkeverők alkalmazása feleslegessé teszi a beton mesterséges érlelését, és ezzel energia megtakarítás is elérhető.

A betonkészítés folyamatának rendkívül fontos mozzanata az *utókezelés*. A beépített friss beton locsolással történő nedvesen tartása nem előnyös a megszilárdult beton anyagjellemzői szempontjából, mivel a rendszerint hideg vizes nedvesítés hatására a kötésző által felmelegedett betontömegben feszültségkülönbségek és ennek következtében repedések keletkeznek. A beton utókezelésének korszerű módja, amikor a kötéshez szükséges víz elpárolgását párazáró, például fólia, vagy lakkszerű rétegnek a betonfelületre való felhordásával előzik meg.

Az előzőekben leírtakból nyilvánvaló, hogy a nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok készítése nagy *szakértelmet igénylő* és megbecsülést érdemlő mérnöki feladat. A minőség biztosításának igénye alapvetően fontos és meghatározó a betonból készített szerkezetek hosszú távú megfelelő működése szempontjából. A betonkeverék megtervezése, a beton gyártása, szállítása, beépítése, tömörítése és utókezelése egyaránt fontos fázisa a nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok készítésének. Fontos ezért, hogy a magas követelményeknek eleget tevő betonok készítését csak magas színvonalú felkészültséggel és megfelelő tárgyi feltételekkel rendelkező személyek végezzék.

4. A nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok alkalmazási területei

A nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok mechanikai, szilárdsági jellemzői [4], korróziós tulajdonságai rendkívül kedvezőek, ezért gyakorlatilag a szerkezetépítés minden területén, előregyártott és monolit építményeknél is előnyösen alkalmazhatók. A beton nyomószilárdsága hajlított szerkezetek teherbírásánál nem játszik jelentős szerepet, hajlított-nyomott szerkezeti elemeknél azonban, a nyomóerő mértékének növekedésével arányosan, előnyösen kihasználható. Ennek megfelelően a nagyszilárdságú beton kiválóan alkalmas helyszíni vagy előregyártott feszített vasbeton szerkezetek építéséhez.

A nagyszilárdságú betonok a hagyományos betonokhoz képest ridegebben viselkednek. Szokásos vasalás-elrendezés esetén az ilyen betonokból készült szerkezetek szívóssága kisebb. A megkívánt szívósság a megszo-
kothoz képest sűrűbben elhelyezett, alacsony szilárdságú acélból készült kengyelek beépítésével érhető el.

A szerkezet rendeltetését illetően előnyös lehet a nagyszilárdságú betonok alkalmazása magasépületek, hidak, útburkolatok, tengeri létesítmények, tározók és csővezetékek építésénél. Az ilyen különleges betonok alkalmazásának célja elsősorban a szerkezet élettartamának növelése (ellenállás agresszív hatásokkal szemben, kopásállóság, stb.), a gazdaságosság (kisebb betonmerek, kevesebb acélbetét), a kisebb önsúly, a repedésérzékenység csökkenése (kisebb zsugorodás, kúszás, folyadékzárás) lehet.

5. A nagyszilárdságú betonok hazai előállításának problémái

A nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok előállítására alkalmas korszerű betontechnológiák hazai elterjedése akadozik. Ennek alapvető okai a következők:

- a beruházók – a rossz beidegződések és hagyományok miatt – nincsenek meggyőződve arról, hogy a nagyszilárdságú betonokból készült szerkezetek előnyösebbek a hagyományos szerkezetekhez képest,
- a kivitelező vállalatok technológiája és személyi állományának felkészültsége – kevés kivételtől eltekintve – nem alkalmas a korszerű betontechnológia alkalmazására,
- az építési tenderek elbírálásának gyakorlata, mely általában a legalacsonyabb áron vállalkozó kivitelezőt részesíti előnyben, nem ösztönzi a vállalkozókat a műszaki fejlesztésre.

Az előzőekre való tekintettel a korszerű betontechnológiáknak és ezzel a nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonoknak széles körben való hazai elterjedéséhez radikális szemléletváltásra van szükség a betontervezés és készítés gyakorlatában.

6. Irodalom

- [1.] Szalai Kálmán: *A nagyszilárdságú beton a betontechnológia forradalma*, Közlekedés és Mélyépítéstudományi Szemle, XLV. évf. 1995. 3. szám
- [2.] Asztalos István: *A jobb és tartósabb betonhoz vezető út*, Beton, VI. évf. 1998. 10. szám
- [3.] Farkas Gy.–Szalai K.: *Nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonnal végzett kutatási eredmények I-II.*, Beton, IV. évf. 1996. 10. és 11. szám
- [4.] Farkas György: *Nagyszilárdságú betonok alkalmazása a szerkezetépítésben*, Közlekedés és Mélyépítéstudományi Szemle, XLV. évf. 1995. 3. szám
- [5.] F. de Larrard: *Mechanical material properties*, Fourth International Symposium on the Utilization of High Strength/High Performance Concrete, 1996. május 29-31., Párizs, Franciaország.
- [6.] M. Pigeon: *The Durability of High Strength/High Performance Concrete*, Part I.: General Fourth International Symposium on the Utilization of High Strength/High Performance (HS/HPC) Concrete, 1996. május 29-31., Párizs, Franciaország.

Állandó értékű élmenti vasúti terhelés igénybevételeinek számítása

Dr. Kazinczy László

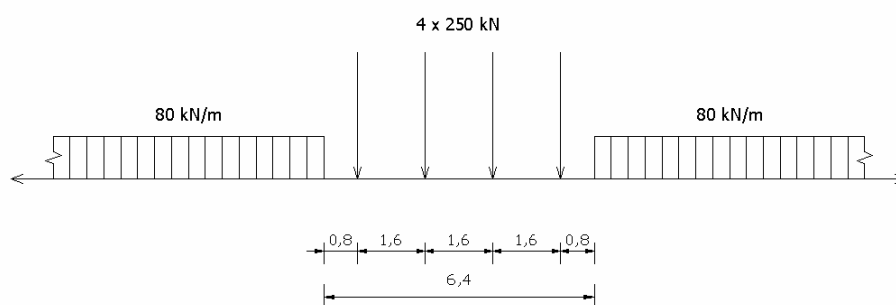
egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Út és Vasútépítési Tanszék

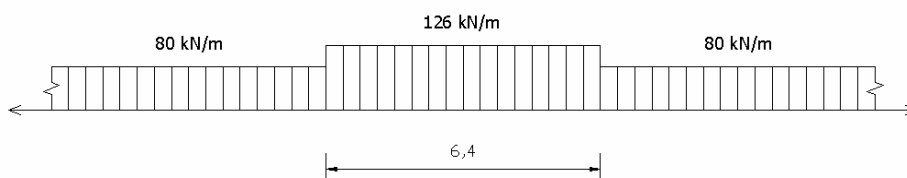
1. Bevezetés – Az igénybevétel-számítás körülményei

Vasúti műtárgyak és különböző pályaszerkezeti elemek méretezésekor a vonatkozó szabályzatok gyakran állandó értékű, élmentén megoszló terhelési szakaszokat tartalmazó statikai modellek felvételét írják elő. Az 1-3. ábrák példaként az EUROCODE 1 [1] által javasolt terhelési sémákat szemléltetik.



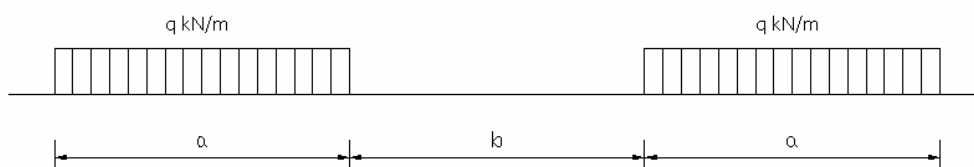
1. ábra

Az EUROCODE-1 által javasolt UIC 71 jelű terhelési modell



2. ábra

Az EUROCODE-1 által javasolt UIC 71 jelű egyszerűsített terhelési modell



Terhelési osztály	q [kN/mm]	a [mm]	b [mm]
SW/0	133	15,00	5,30
SW/2	150	25,00	7,00

3. ábra

Az EUROCODE-1 által javasolt SW jelű terhelési modellek

A vasútépítési gyakorlatban az élmenti terhek (q [kN/m]) figyelembevétele igénybevételi szempontból – a legelterjedtebben alkalmazott Zimmermann-féle méretezési eljárás [2] esetében – csak szakaszonként képzett koncentrált erőkkel való helyettesítés révén történik. E túlméretezést eredményező közelítés gazdaságtalan tervezéshez vezet.

Mindezek alapján az állandó értékű, élmenti terhelés által a vasúti sínszalokban keltett igénybevételek (hajlítónyomaték, süllyedés, ágyazási nyomás, élmenti reakció) közelítés nélküli meghatározása a Zimmermann-féle elmélet vasútépítésben alkalmazott összefüggéseinek egy hiányzó elemét pótolja.

2. Az igénybevételek meghatározása

2.1. A levezetés alapösszefüggései

A végtelen hosszú, rugalmas ágyazású tartó valamely „K” - keresztmetszetében – koncentrált erők hatására – ébredő

– hajlítónyomaték az

$$M = \frac{L}{4} \sum Z_i \mu_i \quad [\text{Nmm}]$$

– rugalmas lehajlás az

$$y = \frac{1}{2 C s L} \sum Z_i \eta_i \quad [\text{mm}]$$

összefüggés révén határozható meg a Zimmermann-féle elmélet alapján, ahol

Z_i – az i -edik jelű koncentrált erő [N],

μ_i – a süllyedési hatására ordináta az i -edik jelű koncentrált erő keresztmetszetében [-],

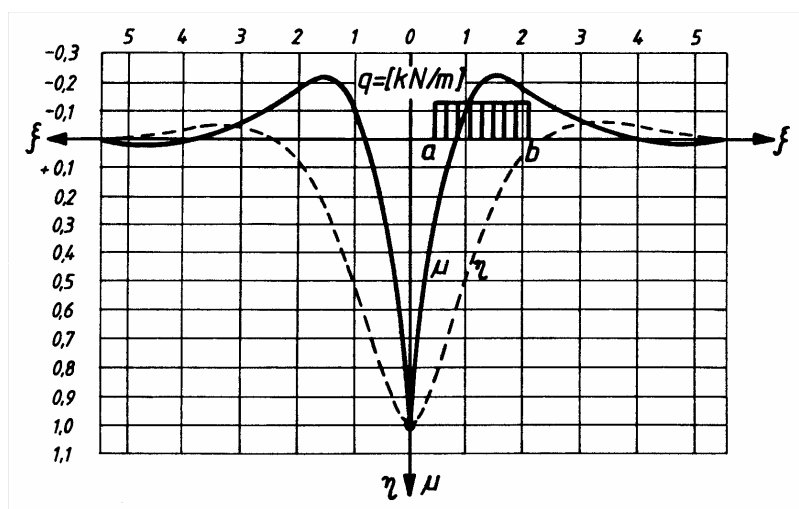
η_i – a nyomatéki hatására ordináta az i -edik jelű koncentrált erő keresztmetszetében [-],

L – a tartó merevségi hossza [mm],

C – a tartó ágyazási tényezője [N/mm³],

s – a helyettesítő hosszalj szélessége [mm].

A 4. ábrán vázolt állandó értékű, élmenti teher (q [N/mm]) a tartó (a sínszál) „K”-keresztmetszetében keltett igénybevételei a nyomatéki, illetve a süllyedési hatásábrák elemi hosszúságú ($d\xi$) szakaszainak leterhelése, illetve az elemi igénybevételek összegzése révén határozhatók meg.



4. ábra

A nyomatéki, illetve a süllyedési hatásábrák leterhelése állandó értékű, élmenti terhelési szakasszal

A hajlítónyomaték az

$$M = \frac{L}{4} \int_a^b q L \mu d\zeta \quad [\text{Nmm}]$$

a süllyedés az

$$y = \frac{1}{2 C s L} \int_a^b q L \eta d\zeta \quad [\text{mm}]$$

összefüggésből nyerhető, kétszeres parciális integrállal.

2.2. A hajlítónyomaték meghatározása

A hajlítónyomaték a nyomatéki hatására függvény helyettesítésével

$$\begin{aligned} M &= \frac{L}{4} \int q L \mu d\zeta = \frac{qL^2}{4} \int \mu d\zeta = \\ &= \frac{qL^2}{4} \int \frac{-\sin \zeta + \cos \zeta}{e^{-\zeta}} d\zeta = \\ &= \frac{qL^2}{4} \left[\int -e^{-\zeta} \sin \zeta d\zeta + \int e^{-\zeta} \cos \zeta d\zeta \right] \end{aligned}$$

Az első integrál értéke a parciális integrálra vonatkozó

$$\int uv' dx = uv - \int u'v dx$$

összefüggés kétszeri alkalmazása

$$-\int e^{-\zeta} \sin \zeta d\zeta = e^{-\zeta} \cos \zeta + \int e^{-\zeta} \cos \zeta d\zeta$$

$$\int e^{-\zeta} \cos \zeta d\zeta = e^{-\zeta} \sin \zeta + \int e^{-\zeta} \sin \zeta d\zeta,$$

s a helyettesítés elvégzése

$$-\int e^{-\zeta} \sin \zeta d\zeta = e^{-\zeta} \cos \zeta + \left(e^{-\zeta} \sin \zeta + \int e^{-\zeta} \sin \zeta d\zeta \right)$$

után:

$$-\int e^{-\zeta} \sin \zeta d\zeta = \frac{e^{-\zeta} \sin \zeta}{2} + \frac{e^{-\zeta} \cos \zeta}{2}$$

A második integrál értéke a parciális integrálva vonatkozó

$$\int uv' dx = uv - \int u'v dx$$

összefüggés kétszeri alkalmazása

$$-\int e^{-\zeta} \cos \zeta d\zeta = e^{-\zeta} \sin \zeta + \int e^{-\zeta} \sin \zeta d\zeta$$

$$\int e^{-\zeta} \sin \zeta d\zeta = e^{-\zeta} \cos \zeta - \int e^{-\zeta} \cos \zeta d\zeta,$$

s a helyettesítés elvégzése

$$-\int e^{-\xi} \cos \xi \, d\xi = e^{-\xi} \sin \xi + \left(e^{-\xi} \cos \xi - \int e^{-\xi} \cos \xi \, d\xi \right)$$

után

$$\int e^{-\xi} \cos \xi \, d\xi = \frac{e^{-\xi} \sin \xi}{2} + \frac{e^{-\xi} \cos \xi}{2}$$

Mindezek alapján

$$M = \frac{qL^2}{4} \int \frac{-\sin \zeta \cos \zeta}{e^{\zeta}} d\zeta = \frac{e^{-\zeta} \sin \zeta}{2} + \frac{e^{-\zeta} \cos \zeta}{2} + \frac{e^{-\zeta} \sin \zeta}{2} - \frac{e^{-\zeta} \cos \zeta}{2} = \frac{qL^2}{4} [e^{-\zeta} \sin \zeta]$$

2.3. A süllyedés meghatározása

A süllyedés a süllyedési hatására függvény helyettesítésével

$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{2C_s L} \int qL\eta \, d\zeta = \frac{q}{2C_s} \int \eta \, d\zeta = \\ &= \frac{q}{2C_s} \int \frac{\sin \zeta + \cos \zeta}{e^{\zeta}} d\zeta = \frac{q}{2C_s} \int (e^{-\zeta} \sin \zeta + e^{+\zeta} \cos \zeta) d\zeta = \\ &= \frac{q}{2C_s} \left[\int e^{-\zeta} \sin \zeta \, d\zeta + \int e^{-\zeta} \cos \zeta \, d\zeta \right] \end{aligned}$$

Az integrálok értéke a parciális integrálra vonatkozó

$$\int uv' \, dx = uv - \int u'v \, dx$$

összefüggés kétszeri alkalmazása után

(felhasználva a hajlítónyomaték meghatározásánál kapott eredményeket):

$$\int e^{-\zeta} \sin \zeta \, dx = \frac{e^{-\zeta} \sin \zeta}{2} + \frac{e^{-\zeta} \cos \zeta}{2},$$

$$\int e^{-\zeta} \cos \zeta \, dx = \frac{e^{-\zeta} \sin \zeta}{2} + \frac{e^{-\zeta} \cos \zeta}{2}$$

Mindezek alapján

$$y = \frac{1}{2C_s L} \int \frac{\sin \zeta + \cos \zeta}{e^{\zeta}} d\zeta = \frac{e^{-\zeta} \sin \zeta}{2} + \frac{e^{-\zeta} \cos \zeta}{2} + \frac{e^{-\zeta} \sin \zeta}{2} - \frac{e^{-\zeta} \cos \zeta}{2} = \frac{1}{2C_s L} [e^{-\zeta} \cos \zeta]$$

3. Az állandó értékű, élmenti terhelés által keltett igénybevételek

A 2. fejezet levezetései alapján az állandó értékű, élmenti teher (q [Nmm]) által a végtelen hosszú, rugalmasan ágyazott tartó (sínzál) vizsgált „K”-keresztmetszetében ébredő
– hajlítónyomaték

$$M = \frac{q L^2}{2} \left[e^{-\xi} \sin \xi \right]_a^b \quad [\text{Nmm}],$$

– süllyedés

$$y = \frac{q}{2 C_s} \left[-e^{-\xi} \cos \xi \right]_a^b \quad [\text{mm}],$$

– ágyazási nyomás ($p = C \cdot y$ - alapján)

$$p = \frac{q}{2 s} \left[-e^{-\xi} \cos \xi \right]_a^b \quad [\text{N/mm}^2],$$

– élmenti reakció ($q_r = p \times s$ - alapján)

$$q_r = \frac{q}{2} \left[-e^{-\xi} \cos \xi \right]_a^b \quad [\text{N/mm}].$$

Az igénybevételek legnagyobb értéke a nyomatéki-, illetve a süllyedési hatására belső két „nullpont” közti leterhelésével kapható. A mértékadó
– hajlítónyomaték

$$M_M = 2 \frac{q L^2}{4} \left[e^{-\xi} \sin \xi \right]_0^{\frac{\pi}{4}} = 0,161 q L^2 \quad [\text{Nmm}],$$

– süllyedés

$$y_M = 2 \frac{q}{2 C_s} \left[-e^{-\xi} \cos \xi \right]_0^{\frac{3\pi}{4}} = 1,067 \frac{q}{C_s} \quad [\text{mm}],$$

– ágyazási nyomás

$$p_M = 2 \frac{q}{2 s} \left[-e^{-\xi} \cos \xi \right]_0^{\frac{3\pi}{4}} = 1,067 \frac{q}{s} \quad [\text{N/mm}^2],$$

– élmenti reakció

$$q_{rM} = 2 \frac{q}{2} \left[-e^{-\xi} \cos \xi \right]_0^{\frac{3\pi}{4}} = 1,067 q \quad [\text{N/mm}].$$

Irodalomjegyzék

- [1.] EUROCODE-1, Méretezési alapelvek és a szerkezeteket érő hatások – 3. rész: ENV 1991-3,
- [2.] Dr. Nemesdy Ervin, Vasúti felépítmény Vasútépítés II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1966.

Korszerű vasbeton csarnokszerkezetek

Dr. Kiss Zoltán

docens, Kolozsvári Műszaki Egyetem

1. Bevezető

A rendszerváltás után mélypontra zuhant a kereslet a vasbeton vázak iránt, több üzem a házgyárakkal együtt szinte teljesen beszüntette a termelést. A privatizáció során a még működő üzemek nagyon alacsony értékűnek és nehezen eladhatónak bizonyultak és bizonyulnak. A beton és vasbeton előregyártó ipar nehezen élte át ezeket az éveket.

A változás jelei csak az 1990-es évek végén kezdtek mutatkozni, az első bátortalan külföldi befektetők megjelenésekor, kezdetben főleg kereskedelmi, majd ipari objektumok romániai megvalósításával.

Ma már elmondhatjuk, hogy a teherhordó vázagnál megint a vasbeton vezet, igaz még nem az 1970-es évek mennyiségi szintjén, de a tendenciák biztatók.

Újkorúnak nevezhetjük azokat a vázakat, melyek az első nyugati befektetők megjelenésével együtt születtek, és ma is meghatározzák a hazai vasbeton vázakat. Romániában a METRO áruházak jelentették a szerkezeti rendszerváltást.

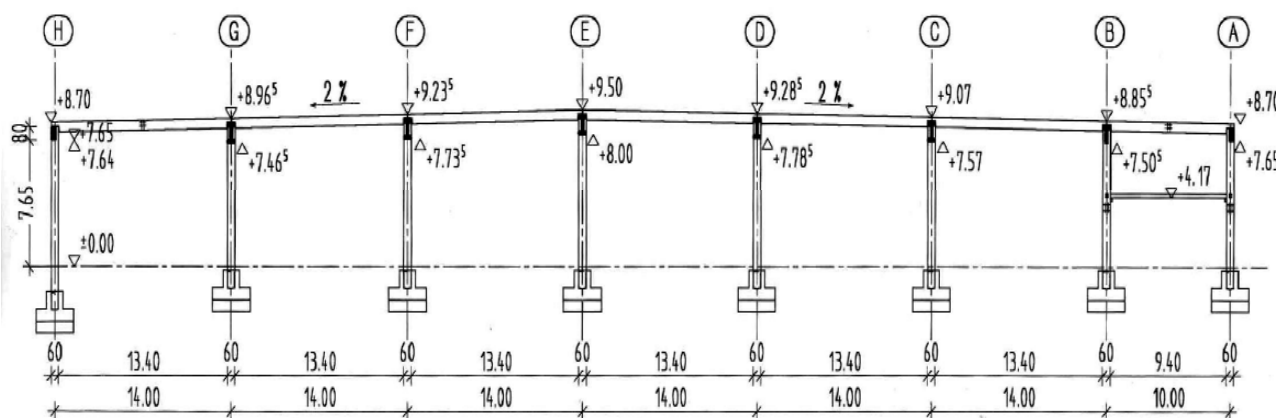
A Metro és Makro áruházláncolat, mely Európában több mint 350 áruházat mondhat magáénak, nagy hangsúlyt fektet arra, hogy Londontól Moszkváig, a vásárló mindig ugyanazt a komfortot találja üzleteiben.

A magyarországi nyolc vasbeton szerkezetű áruház után 1996-ban kezdődött a romániai Metro áruház építési program. Az első két bukaresti áruház – a Metro áruházak történetében először – még acél tetőszerkezettel épült, részben az időhiány, részben a földrengésveszély miatt. A tűzvédelmi festéssel, a földrengésveszély miatti méretezés többletköltségével együtt a szerkezetépítés költsége mintegy duplája volt a magyarországinak. A harmadik – temesvári – Metro áruháznál az építető már ragaszkodott a vasbeton szerkezethez.

A romániai szerkezethöz szinte természetes volt az építető szándéka, hogy minél nagyobb mértékben támaszkodjon a magyar előregyártási gyakorlatra. A szerkezet kialakításánál figyelembe kellett venni a bukaresti áruházak pillér- kiosztását és így a magyarországi 10x20 m pillérállással szemben a 14x21 m pillérháló alkalmazták. Az egy pillérre jutó kb. 300 m² ma is az egyik legnagyobb pillérkiosztás vasbeton csarnokoknál. Kevesebb pillér kedvezőbb berendezési lehetőséget jelent. Egyéb vonatkozásban mindent a magyar mintára kellett kialakítani, pl. a tető közepéről lejt a homlokzatok felé 2% - kal (1. ábra).

A 15 hét alatt felépített vasbeton szerkezet előnyösebbnek bizonyult az acélszerkezethöz, így az építető elhatározta, hogy a további áruházak a temesvári kialakítású szerkezettel épüljenek.

A bukaresti harmadik Metro áruház (átadás 2000 december) és az utána következő hat áruház már a kolozsvári Plan 31 Ro tervezésében és az ASA tordai üzemének kivitelezésében történt (2. ábra).



1. ábra

A bukaresti Metro áruház vázszerkezete



2. ábra

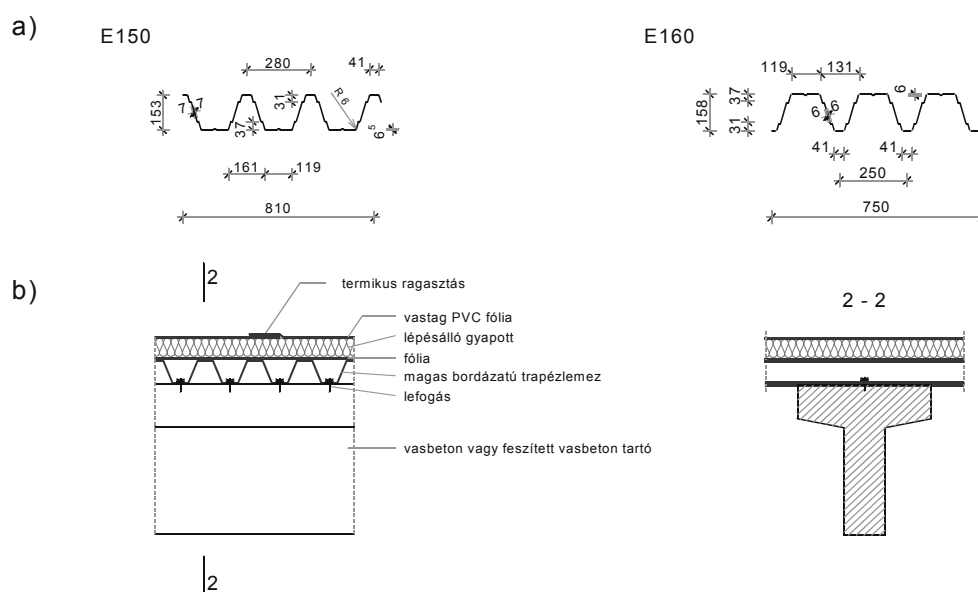
Metro Bukarest Voluntari szerkezete szerelés közben

2.1. Csarnokszerkezetek

Miben új ez a szerkezet? A régi rendszerhez képest a legnagyobb változást a tető kialakítása jelenti. Míg a korábbi csarnokok TT vagy ECP panelos tetőfödéssel készültek, addig az új rendszerek a nagy bordázatú trapézlemez héjalást alkalmazzák (3. ábra). Nyugat Európában a korrózióvédelemmel ellátott trapézlemez már korábban kiszorította a piacon a vasbeton tetőpaneleket.

A rendszert tulajdonképpen „könnyű vasbeton váznak” is nevezhetjük, mivel csak 160-200 kg/m² tömegű, a korábbi ECP és TT paneles csarnokok 350-450 kg/m² tömegéhez képest. A magas bordázatú lemez használatának előnye abban áll, hogy a szelemek közötti távolság 7,5 m-ig növelhető, vagy ilyen méretű rasztávolság esetén nincs is szükség szelemnek alkalmazására. A lemez minimális vastagsága 0,88 mm de nagyobb nyílások esetén 1,5 mm is lehet. Ha a hőteher nagy (pl. torlaszok miatt) akkor esetleg két réteg trapézlemez alkalmazása szükséges

Földrengésveszélyes helyeken egyfelől nagy jelentősége van annak, hogy a szerkezet önsúlya minél kisebb legyen, ezt az új rendszer remekül teljesíti.



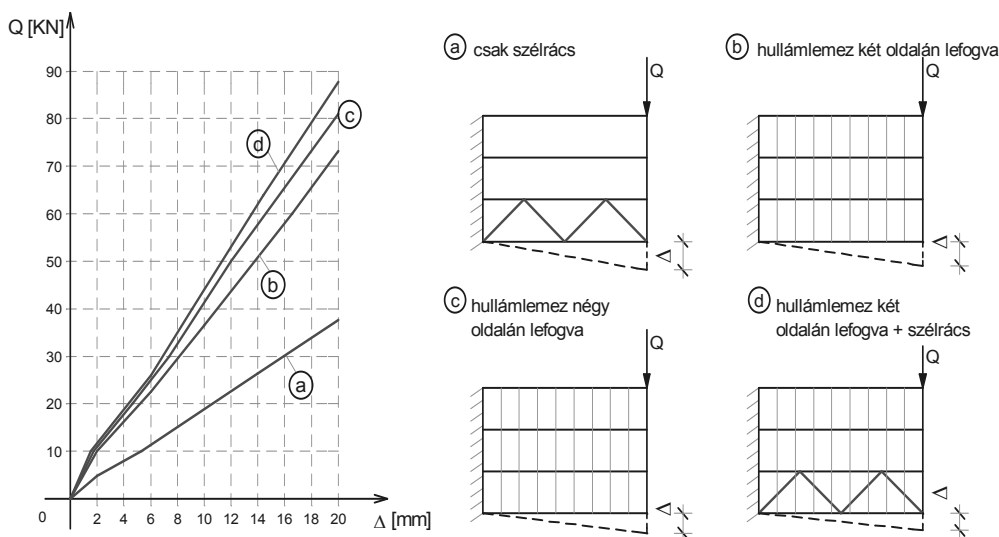
3. ábra

*Az új rendszerek tetőzete:
a - magas bordázatú trapézlemez; b - szigetelések kialakítása.*

Másfelől fontos kérdés a *szerkezet térbeni viselkedése*, ami nagyban a tetőfedés síkbeli merevségétől, tárcsahatásától függ, ebben viszont kevés a tapasztalatunk a hullámlemezrel kapcsolatban.

Romániában, de máshol is végzett kutatások, kimutatták, hogy a két vagy a négy oldalán befogott lemeztárcsa hatása jobb, mint a szélrácsé. Sőt a négy oldalán befogott lemez viselkedése szinte megegyezik a két oldalán befogott lemez és a szélrács együttes hatásával (4. ábra).

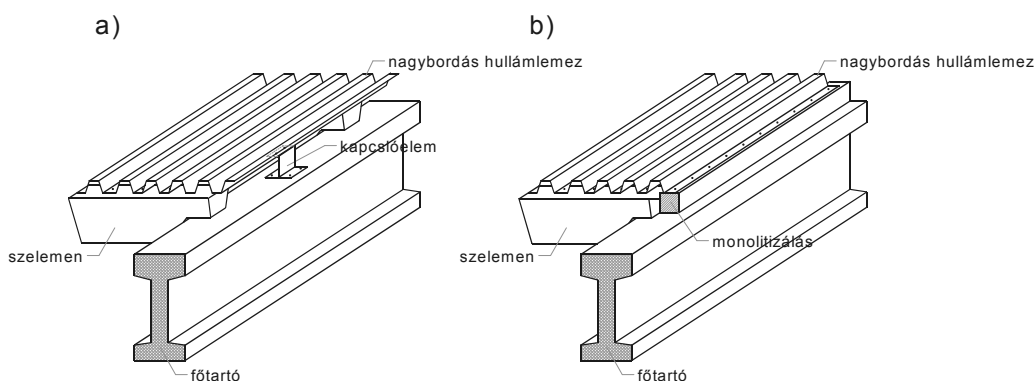
A két oldalán lefogott lemez alatt a minden hullámvölgyben csavarral rögzített lemezt értjük. A másik két oldal rögzítése a borda mentén már körülményesebb, mivel a szelemen a főtartóra támaszkodik, így a két elem felső szintje nincs egy síkban.



4. ábra.

Nyíróerő – kihajlás görbék különböző megoldású tetők esetén

A feladatot kétféle módon lehet megoldani: külön fémből készült rögzítő elemek alkalmazásával vagy a főtartó helyszínén történő felbetonozásával oldhatjuk meg. Ha kellően sűrű a lefogás, akkor a “c” és “d” görbék szinte fedik egymást (5. ábra).



5. ábra

Hullámlemez négy oldalon lefogva: a – kapcsolóelemekkel; b - felbetonnal

A kérdés teljeskörű tisztázásáig a tetőszerkezet acél szélráccsal való megerősítése ajánlatos (6. ábra).

Az acél trapézlemezről készülő tárcsa, ásványgyapot hőszigetelés és a mechanikusan rögzített szigetelő fólia lehetővé tette a nagy fesztávolságú gerendák létesítését, ami találkozott az építetők ama igyekezetével, hogy a gyorsan változó épületfunkciók miatt nagyobb szabadságfokot biztosítsanak épületeiknek. (1 táblázat).

A siker kulcsa a nagyszilárdságú betonok alkalmazása. A gyártóüzemekben ma a C30/37-től a C40/50 betonig terjed a normál szilárdság, de kezdeti lépések mutatkoznak a C50/60 sőt C60/70 betonok irányában is. Azonos anyag (beton) négyszeres teljesítőképességgel nyilván más gondolkodásmódot eredményez.

Nagy a fejlődés a betonacél minősége és feldolgozása terén is. Ma már kizárólagos a nagy fesztávú gerendáknál az 500 N/mm^2 folyáshatárú acélok használata (EC2 szerint). A nagyobb átmérőjű betonacélokat

már alig hajlítják, helyette inkább lehorgonyozó hajtűket, pótbetéteket használnak. A kengyeleket általában automata hajlító gépekkel készítik 6–12 mm átméőjű tartományban. Számítógépes vezérlés biztosítja a kengyelek bármilyen összetett formájának kialakítását.

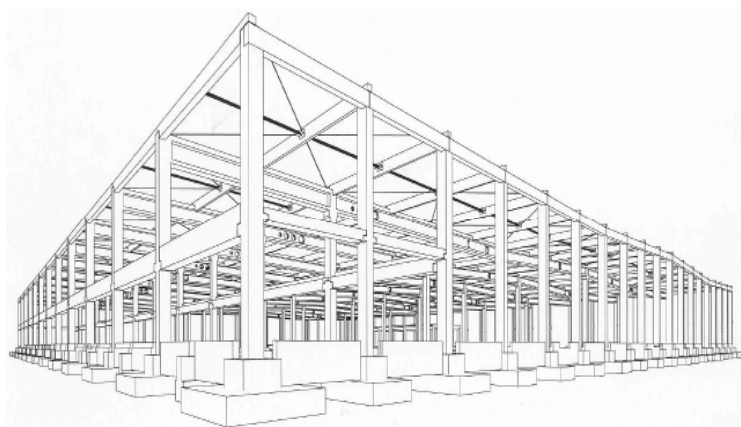
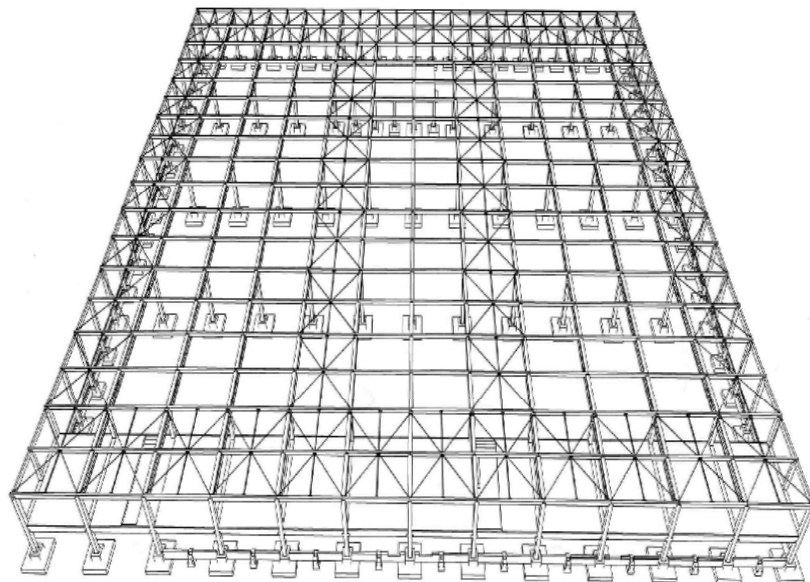
A felhasznált, korszerű, külföldi sablonok kiváló minősége magával hozta a nyugati gyártási kultúrákat is.

A nagy fesztávok miatt a tetőfőtartók és szelemenek általában feszített vasbetonból készülnek I vagy T keresztmetszettel (7. ábra).

Az I keresztmetszet statikailag kedvezőbb, elsősorban a feszítőbetétek könnyű elhelyezése miatt, de gyártástechnológiailag nehezebb. A T keresztmetszet elsősorban építésetileg elfogadhatóbb, mivel itt nincs porlerakódás mint az I tartó alsó övében. A T keresztmetszet alkalmazásakor a legnagyobb gondot a szükséges vasmenyiség elhelyezése jelenti. Jó megoldást eredményez a feszítőbetétek és betonacél vegyes használata.

A mai vázknál is visszatérő probléma, hogy a tetőtartó a rövid vagy a hosszú irányba kerüljön. Például a Continental, Kromberg (8. ábra) és Bock csarnokoknál a rövid, míg az összes többinél (1. táblázat) a hosszú irányban vannak a főtartók. Mint látható nincsenek általános szabályok.

A két változatra elsősorban az épületgépészeti vezetékek elhelyezése van nagy hatással. Amennyiben a szellőző vezeték nagyméretű csőhálózatát a szerkezetben kívánják átvezetni, már a tartók méreteit is ezekhez az igényekhez kell igazítani (általában növelni).



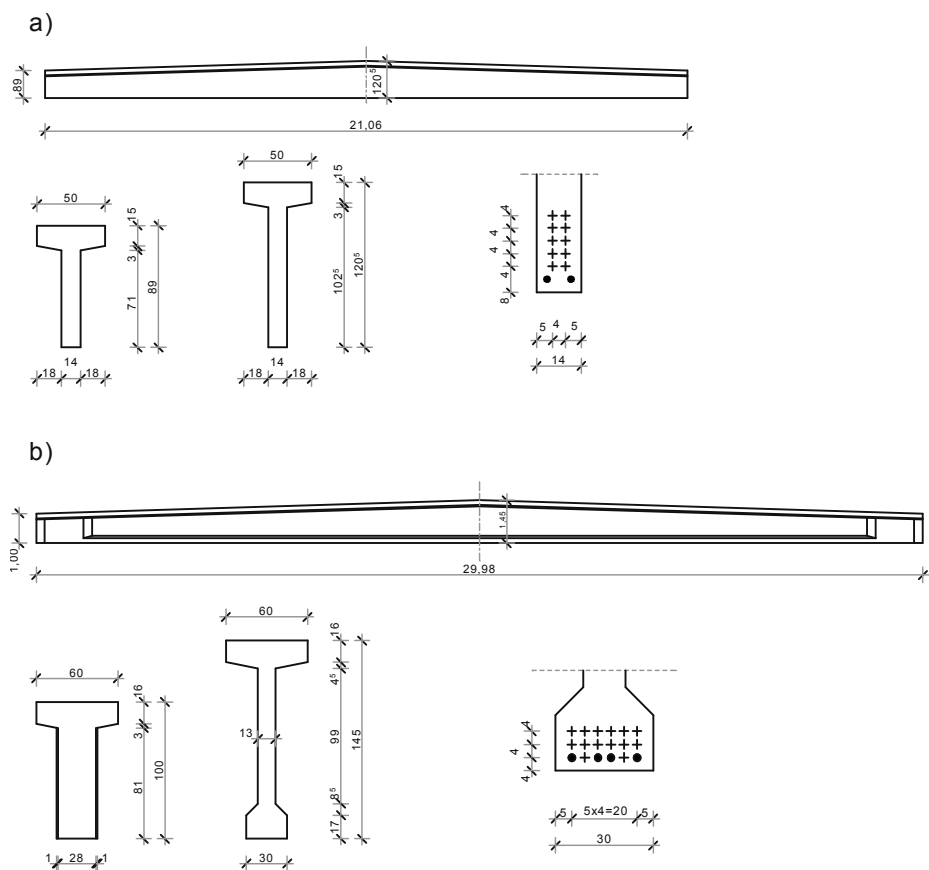
6. ábra

Vasbeton vázszerkezetek erősítése acél szélráccsal

Megvalósult létesítmények

1. táblázat

Megnevezés	Az építés ideje	Pillérháló [m]	Egy pillérre jutó felület [m ²]	Beépített terület [m ²]
RONDOCARTON Kolozsvár	1999	18x10	180,00	11600,00
CONTINENTAL Temesvár Gyártócsarnok	1999	26x12	312,00	
	2000	22,5x12	270,00	10110,00
KROMBERG & SCHUBERT Temesvár	2000	22,5x15	337,50	10000,00
METRO Cash & Carry 9 áruház	2000	21x14	294,00	10500,00
Dr. D. BOCK & PARTNER Sepsiszentgyörgy	2000	25x13	325,00	4200,00
RHMS Esztelnek	2000	25x6	150,00	1540,00
FUNDY Kolozsvár	2000	21x6	126,00	1700,00
GERRY WEBER Marosvásárhely	2000	14x7	98,00	5124,00
LEINEWEBER Sepsiszentgyörgy	2001	18x18	324,00	10180,00
SELGROS Cash & Carry Bukarest 2 áruház	2001	24x10,2	244,80	13220,00
LEONI Wiring Systems Arad	2001	30x6	180,00	17000,00
BACO PROD. Comanesti Raktárcsarnok	2001	25x15	300,00	3645,00
	2001	18x18	324,00	5940,00
ÖSSZESEN				208979,00



7. ábra

A fejlődés iránya:

a – 21 méteres T tartó; b – 30 m fesztávú I szelemen tartó

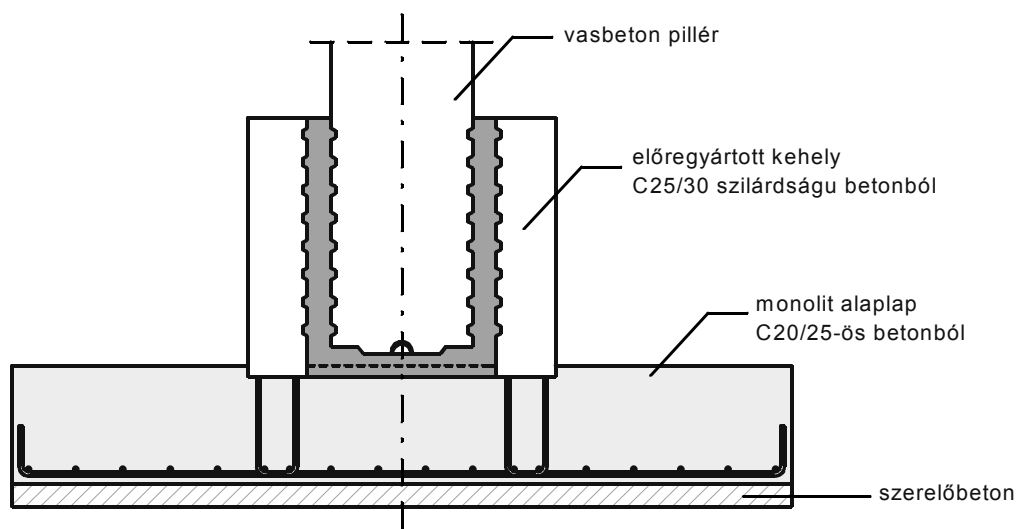


8. ábra

Kromberg gyártócsarnok Temesvár 15x22,5 m pillérhálóval

Műszaki szempontból a statikai váz és csomópontjai határozzák meg a használható tartószerkezetek körét. A nagy fesztávú szerkezeteknél a fentiekén túl figyelemmel kell lenni a szállíthatósági és szerelhetőségi problémákra is.

A földszintes csarnokok esetében az alul befogott és felül csuklós pillér a leggyakoribb megoldás. Természetesen a befogás kehely alapokkal történik. Az újdonság abban van, hogy a nagyobb építési sebesség miatt a kehelyrész előregyártva, míg a alaplap monolitikusan készül (9. ábra). A kehely belső fala bordázott felületű (a pillér oldalfelülete is bordázott), így megfelelő kibetonozás esetén a pillér a kehellyel szinte monolitikusan együttműködik.

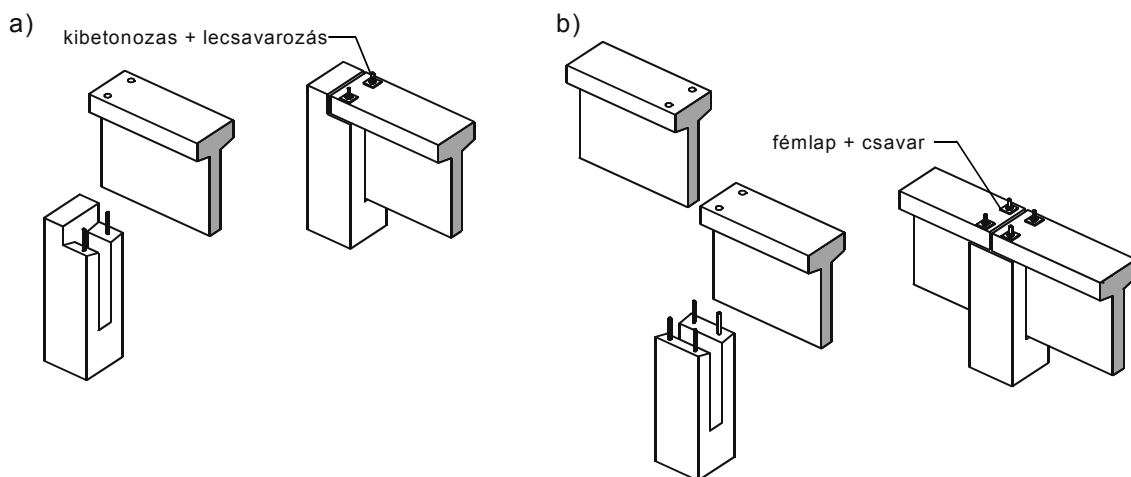


9. ábra

Előregyártott kehely monolitikus lepenyrésszel

Az előregyártott kehelyrész nagyobb szilárdságú betonból készülhet mint az alaplap, pontosabb méretekkel mint a monolitikus kivitelezésnél.

Az előregyártott vasbeton szerkezeteknél a legnagyobb nehézséget a csuklós csomópontok kialakítása okozza. A meghonosított rendszer elsősorban a villás megoldást alkalmazza (10. ábra).

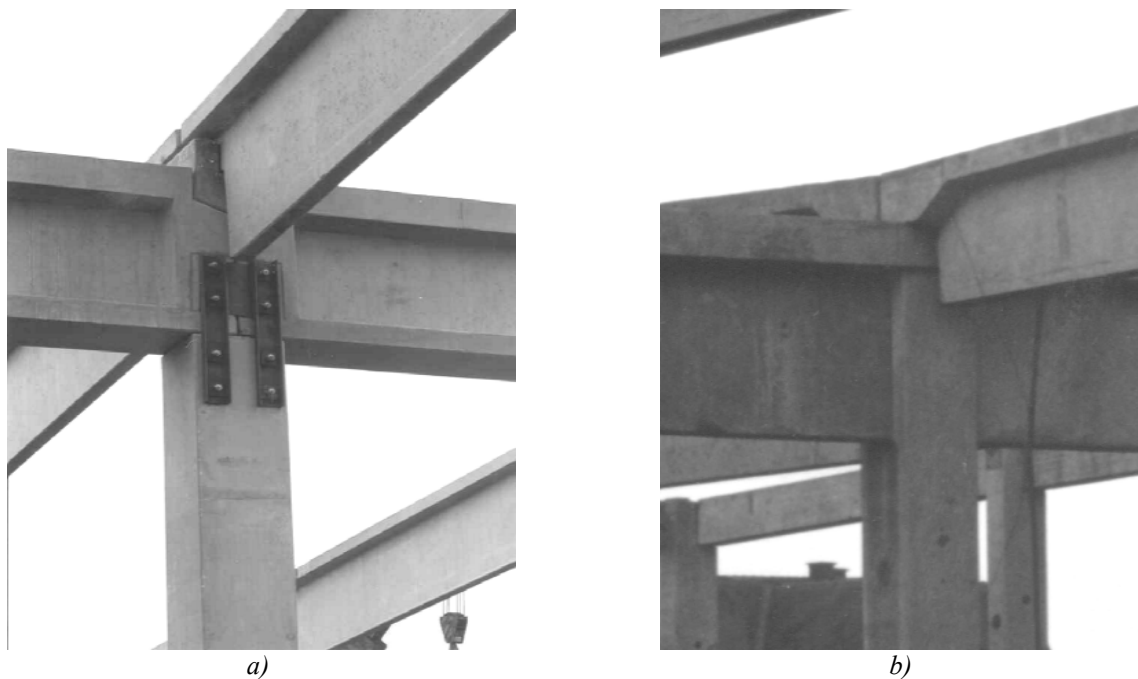


10. ábra

Villás megoldású csomópontok: a – szélső; b - közbenső

Ezt régebben is alkalmaztuk, az újdonság abban áll, hogy hegesztéses lefogás helyett a sokkal egyszerűbb és a szerelés szempontjából gyorsabban megoldható tüskés megfogást alkalmazzuk. A szerelés végeztével ezek a kapcsolatok (a tüskék körül) térfogatukat növelő cementshabarccsal lesznek kitöltve. Fokozott föld-rengésveszély esetén a tüskéket biztonságból lecsavarozzuk arra az esetre, ha véletlenül elfelejtenék a cementes befogást alkalmazni. Hiszen itthon vagyunk!

Más csomóponti megoldásokat is alkalmazunk a tartó keresztmetszete és a fesztáv függvényében (11. ábra).



11. ábra

*Egyéb csomóponti kialakítások:
– Leineweber Sepsiszentgyörgy; b – Kromberg Temesvár*

A nagy fesztávú vasbeton gerendák felfekvésénél a nagy csúcsheszültségek következtében különösen nagy a meghibásodás veszélye. A cement habarcs aláöntés, acéllemezek alkalmazása ma már korszerűtlen, ezért gumilemezeket használunk. A neoprén lemezek alkalmazása különösen a dilatációs elmozdulásokra előnyös. Segítségükkel a csarnokok megengedett dilatációs hossza akár kétszeresére vagy még többre növelhető a megszokott 60 m-hez képest.

Egy másik újdonság a csarnokok padlójának kialakítása. Már korábban is megjelent az igény – különösen üzemi és kereskedelmi létesítményeknél – az egybefüggő, viszonylag nagy területű és teherbírású felületek iránt.

Az ipari padló – a csarnokok betonpadlóit gyakran így nevezik – három fő részből áll:

- talaj (egyenletes és tömörített);
- ágyazat (kavicsból, zúzott kőből 30-50 cm vastagságban);
- betonlemez megmunkált felülettel.

A tartós működéshez e három egymás fölötti réteg teljes hatékonysága szükséges.

Miközben a vázszerkezetet viszonylag jó közelítéssel méretezni tudjuk, addig a padlók kialakításánál a mérnöki ráérzés és a kivitelezési technológia a legfontosabb.

A betonlemez kialakítása a következő rétegekből alakul:

- PVC fólia mint csúszó-csúsztató réteg;
- betonlemez;
- kopóréteg;
- bevonat vagy burkolat.

A zúzott ágyazaton 2-3 cm homokréteg képezi a PVC aljzatát, ezen a 0,03 m vastag PVC fólia két rétegben, 25 cm minimális átfedéssel biztosítja a betonlemez csúsztatását, de a talajnedvesség elleni szigetelést is.

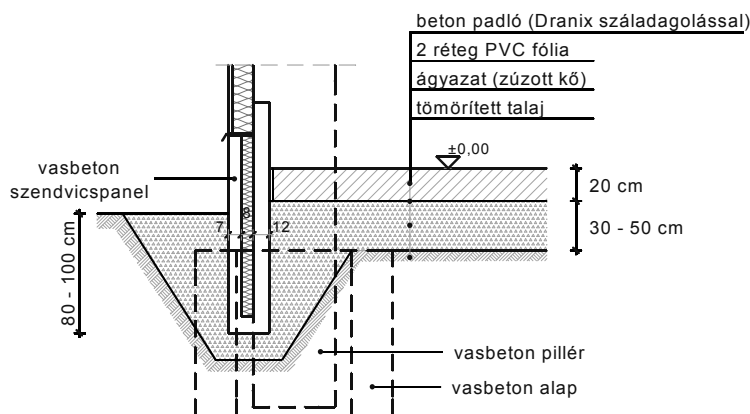
A betonlemez készülhet vasalatlan vagy vasalt változatban. A vasalás lehet hagyományos hegesztett háló vagy acélszál. Romániában, tudomásunk szerint, először a Metro áruházaknál alkalmazták az acélszál-erősítésű betoneból készült padlózatot. Azóta az ipari padlóba kerülő acélszál-felhasználás mérhetően megnőtt. A betonpadló legalább C25/30 típusú betoneból 25-40 kg/m³ Dramix (vagy egyéb márkájú) száladagolással készül. A beton kis zsugorodású kell legyen, ezért készítéséhez maximálisan 350 kg/m³ cement használható, 0,4 körüli víz-cement tényező mellett.

Az eddigi tapasztalatok igazolták, hogy a szálak hatására nő a beton szívóssága, törési összenyomódása, szakadó nyúlása, fáradási szilárdsága, üttöherrel szembeni ellenállása. E sok kedvező tulajdonság mellett meg kell említenünk, hogy szálbetonoknál a szilárdsági jellemzők szórása jóval nagyobb mint azt a vasbetonnál megszoktuk. Ily módon más biztonsági filozófiával kezelhető a szálbetonos padló, mint a vasbeton padló. Ezért az „acélhaj” alkalmazását nyilván nem a statikusok erőltetik, hanem a kivitelezők. Nem véletlenül! Hiszen hallatlan nagy technológiai és gazdasági előnye van annak, amikor a vasalást közvetlenül a betonba lehet keverni, és lézeres vezérlésű lehúzógéppel napi 1000 m² padlóépítést lehet elérni.

A megfelelő járófelület kialakítása általában szárazhabarcs bedörzsöléssel történik, de előfordul a magnezitesztrik vagy műanyag bevonat is. A szárazhabarcsot a friss teherviselő betonra kell felhordani, míg a többit külön rétegben kell a már megszilárdult padlóra vinni. A megfelelő járófelület kialakítása nagy teljesítményű duplarotoros simító illetve glettelőgépekkel történik.

A korábban gyakori 6x6 méteres táblaméretet helyett ma egyre inkább a 10x10 méteres vagy még nagyobb méretekre törekednek. A hézagot utólag, a betonvastagság harmadáig levágva célszerű készíteni. A homlokzat melletti padlósávokat hőszigetelt talpgerendákkal kell megvédeni a hőtágulási repedések ellen.

A padlólemez alatti hőszigetelés leggyakrabban vasbeton szendvics falpanelek (12. ábra) segítségével érhető el, különösen ha azok a terepszint alá 0,8-1,0 m-ig lemennek.

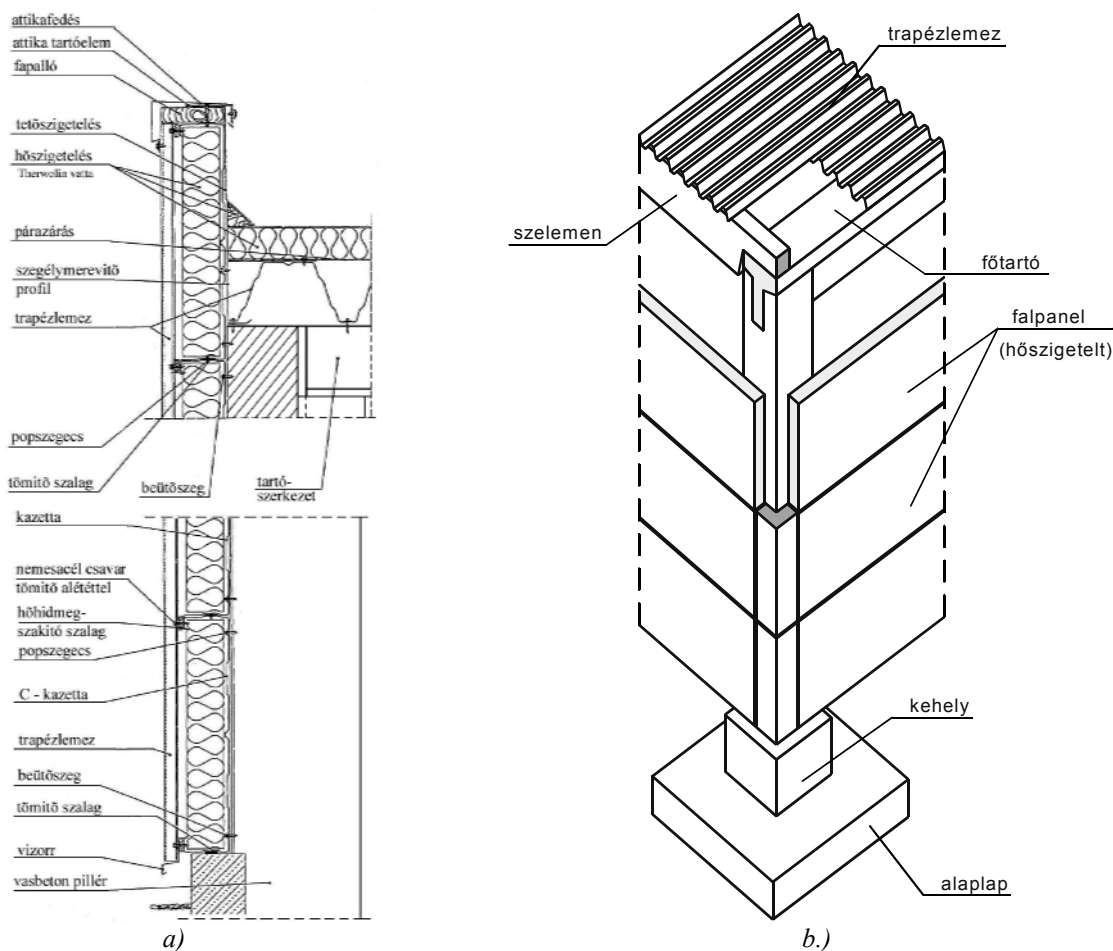


12. ábra
Hőszigetelt lábazati elem

A homlokzatok kialakítására általában két megoldást alkalmaznak az építészek:

- könnyűelemes (függönyfal, kazettás, izopaneles stb.);
- nehézelemes (előregyártott háromrétegű vasbeton).

Újabban az ipari csarnokoknál nagyon divatos a kazettás megoldás (13.a ábra). A vasbeton máig nem tudta visszaszerezni korábbi pozícióját elsősorban a paneles tömbházak „sokkja” miatt. Kezdeti lépések azonban történtek ezen a téren is. Egy-két csarnoknál (pl. Wersalit Lugos) már alkalmaztak vasbeton szendvics falpanelt (13.b ábra).



13. ábra

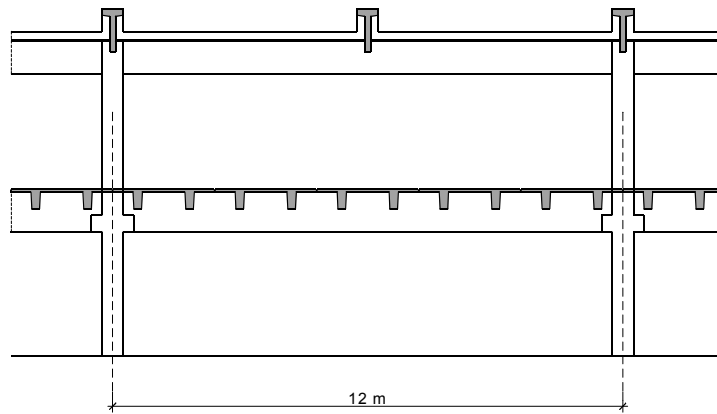
Homlokzatkialakítás:

a – kazettás; b – vasbeton szendvics falpanel

Ahhoz, hogy még jobban elterjedjen a magas esztétikai élményt nyújtó vasbeton homlokzati elemgyártás, szükséges új fejlett technológiák bevezetése, pl. külföldön már robotok végzik a fizikai munkát, állandó minőségi szinten.

2.2. Többszintes épületek

A többszintes épületeknél, de elsősorban a kétszinteseknél dominálnak a kereskedelmi létesítmények. Kétszintes épületeknél a köztes földem általában a csarnok vázán belül helyezkedik el (14. ábra).



14. ábra

Kétszintes épületek közbenső födémének kialakítása

A minél szélesebb körű használhatóság, valamint a funkciók gyakori változása miatt a többszintes épületek födémleinél, hasonlóan a csarnokszerkezetekhez, megfigyelhető a fesztávolságok növekedése.

Többszintes vázszerkezeteknél az előregyártás csak akkor jelent komoly előnyt, ha a helyszíni munka jelentős csökkenésével jár, és azt lényegében szerelő jellegű tevékenységre korlátozza. Előregyártott vázagnál a kapcsolatok kialakítása okozza a fő nehézségeket. Az illesztés csak akkor nem ellentétes a mai technológiai követelményekkel, ha egyszerű eszközökkel megoldható.

Ebben az értelemben előnyösek a szinteken átmenő pillérek, mivel a pillértoldás nehézkes. A korszerű pilléreknel viszont a szállítási és szerelési nehézségek szabnak határt.

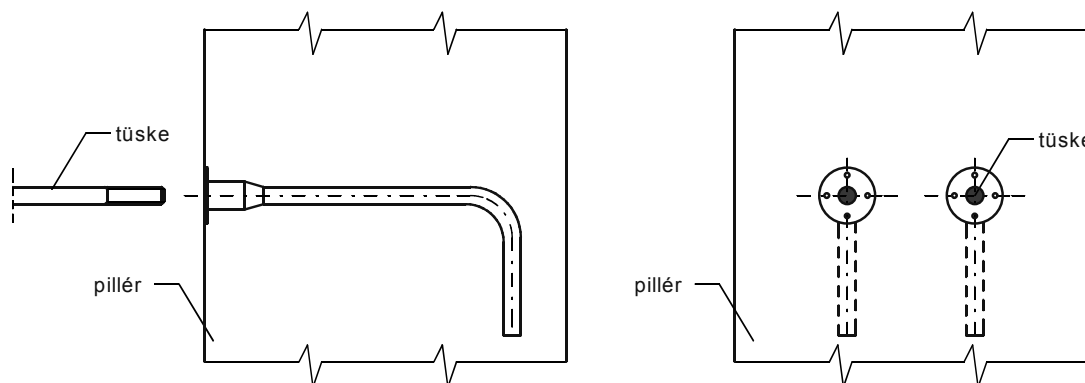
A tartók általában kéttámaszúak és csak az egyik irányban vannak elhelyezve. A másik irányban a vastag födémlemez biztosítja a merevséget. A felfekvés rövid konzolok segítségével a tartó magasságában történik. A tartó és pillér szélessége azonos méretű, ezért a megoldás nagyon esztétikus. A csomóponti megoldások egyszerűsítése érdekében gyakran alkalmazzák a gégecső-tüskét nem zsugorodó cementhabarcs kiöntéssel. A tüskét néha lecsavarozzák.

Befogott tartóvég esetén a HALFEN vagy LENTON betonacéltoldás alkalmazható (15. ábra). Ez nem olcsó megoldás, de technológiai előnyei egyértelműek.

A födémlemez kialakítására többféle szerkezeti megoldás is alkalmazható. Ma Romániában leginkább a következő három födémlemez használják (16. ábra):

- üreges födémlemez;
- zsaluzópanel;
- TT födémlemez,

de egyéb megoldás is elképzelhető.



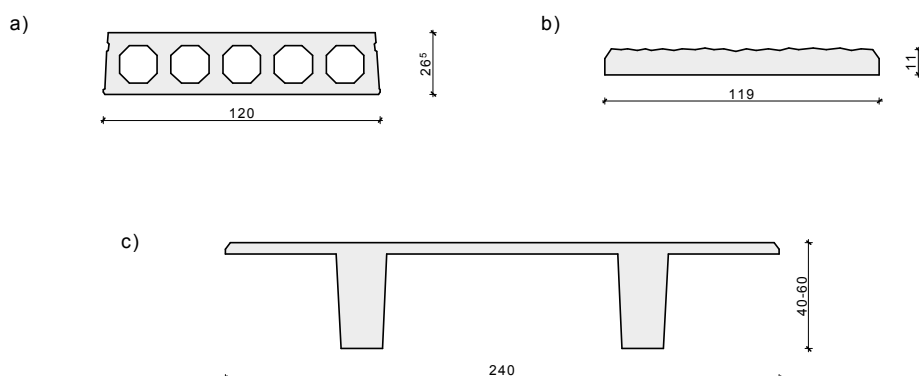
15. ábra

HALFEN rendszerű betonacéltoldás

A vasbeton üreges födémlemezeket mintegy 50 éve használjuk. Mégis ezeket ma a magyarországi Ferobeton cégtől szállítják, mivel az ott beindított Partek gyártósor választéki és minőségi ugrást jelentett. Az újdonság a rendszerben főleg abban áll, hogy a födémlemezeket nem egyenként gyártják, mint ahogy régebben,

hanem a feszítőpad által megengedett maximális hosszú elem kiöntése és megszilárdítása után azt, igény szerint, méretre vágják.

A zsaluzópanel sem újkeletű, hiszen éppen a magyar származású Keller István úttörő munkássága folytán (Filigran födém) az előregyártott vasbeton födémlemez monolitikus felbetonnal rendkívüli karriert futott be. Ma leginkább a feszített zsaluzópanelt alkalmazzák 8 m fesz távig. Gyártása az üreges födéméhez hasonlóan történik.



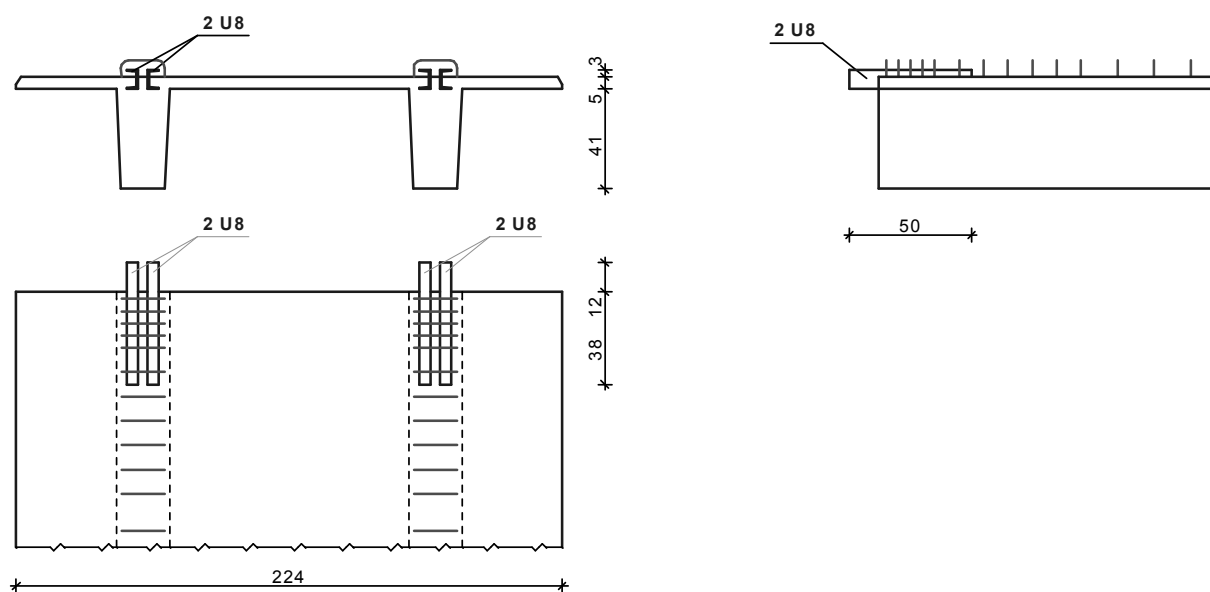
16. ábra

Födémlemez kialakítások:

a – üreges födémlemez; b – zsaluzópanel; c – TT födémlemez

Itt már lehetőség van a lemez és a gerenda együttdolgoztatására is, mivel a zsaluzó elem felső feléből betonacél tüskét lehet kihagyni, ami belóg a gerenda felé, és az utólag kiöntött betonnal az egész szerkezet monolitá válik. Ma az általunk tervezett födémek több mint 50% -a készül ilyen födémlemezekkel (pl. Gerry Weber-Marosvásárhely, Kromberg, Continental-Temesvár, Leineweber, Bock-Sepsiszentgyörgy, stb.).

A felfüggesztett TT paneles födémrendszer Romániában ismeretlen volt. Először a kolozsvári Rondo kartongyár emeletes csarnokánál alkalmazták. Ezeknél a szerkezeteknél szokatlan a függesztő szerelvény kialakítása (17. ábra).



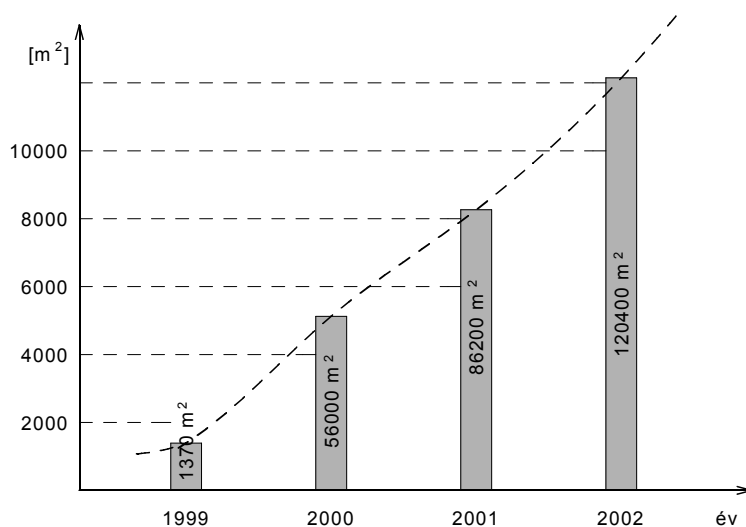
17. ábra

Függesztő szerelvény kialakítása TT paneles födémeknél

A rendszer nagy előnye a kis szerkezeti magasság, mivel a monolitikus felbeton a TT panel, mind a gerenda nyomott övét képezi. Kisebb a gerendára ható csavarónyomaték is.

3. Megállapítások

Az áruházak szerkezeti megoldása már-már típusmegoldásnak tekinthető. Hasonló tendencia figyelhető meg az ipari üzemek építésénél is. Az igény az ilyen szerkezetek iránt egyre nő (18. ábra).



18. ábra

A Plan 31 által tervezett és ASA Ro kivitelezésében készült csarnokfelület

Ma már általános jelenség a fesztávolságok növekedése, így a feszített vasbeton tartóknál az igény 36 méterig terjed. Szép példa erre az aradi vagy a beszercei LEONI csarnok 30 m fesztávolságú tetőgerendái (19. ábra).

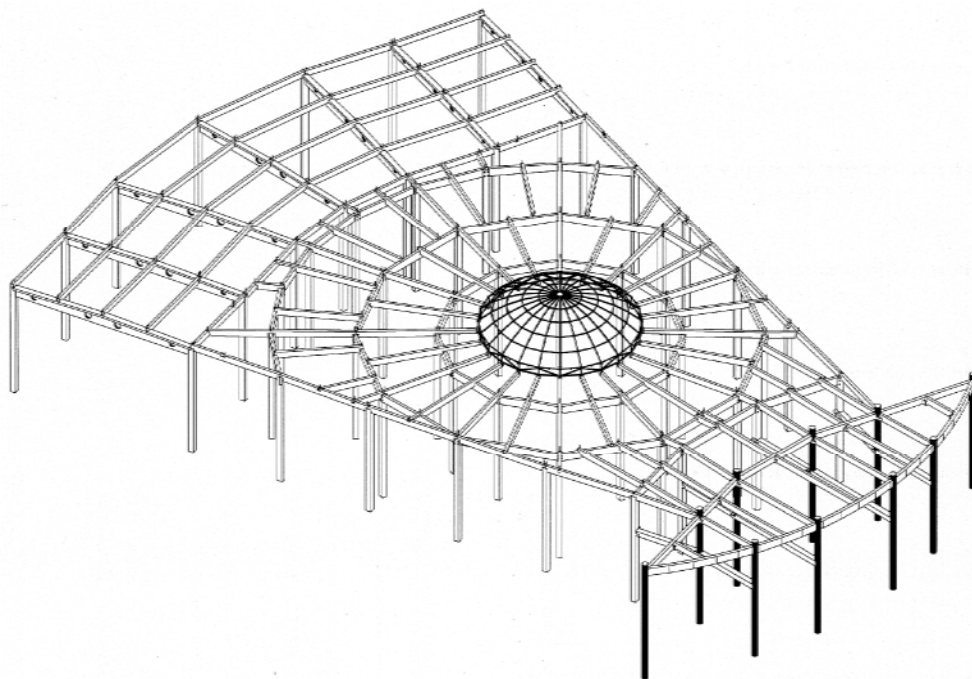


19. ábra.

A beszercei LEONI csarnok tetőgerendái

Egyszintes csarnokszerkezeteknél az egy pillérre jutó tetőfelület is egyre nő. A Pitești-i Renault autógyár például 28x32 m pillérállású csarnokra kért ajánlatot. Ez már majdnem 900 négyzetmétert jelent egy pillérre. Joggal vetődik fel a kérdés – vajon hol van a határ?

Egy másik jelenség, hogy egyre bonyolódnak a szerkezetek, mint azt a nagyváradi LOTUS MARKET-nél láthatjuk (20. ábra).



20 ábra

A Nagyváradi LOTUS MARKET C tömb szerkezete

Nyilvánvaló, hogy akkor tud az előregyártó ipar gyorsan válaszolni az igényekre, ha fejlődése a jövőben is biztosított marad, és képes lesz a tudomány szédületes megvalósításait befogadni. Gondolunk itt elsősorban a beton szilárdságának növelésére, vagy a nagy teljesítőképességű szén-szálalás betonok bevezetésére. Rendelkezésünkre fog állni olyan beton, melynek teljesítőképessége három vagy négyszerese a rendszerváltás előttinek, ennek következményei ma még beláthatatlanok.

Együttműködő acél-beton lemezek számítógépes tervezése

*Dr. Köllő Gábor¹, Orbán Zsolt²,
Godja Teodor³, Muresan Olimpiu⁴*

¹Kolozsvári Műszaki Egyetem, ²PFT. Kolozsvár,
³ALMARA Kft. Kolozsvár, ⁴DRUMEX Kft. Kolozsvár

1. Bevezetés

Lemezszerkezetekről

Vasútvonalainkon, különösképpen a domb- és hegyvidéki vonalainkon gyakran alkalmazhatók az ún. teknőhidak 1–10 m-es nyílásig.

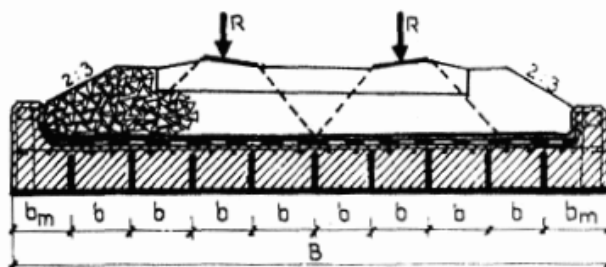
Nagy előnyük, hogy az ágyazatot rajtuk átvezetik, és így a vasúti felépítmény szerkezetében nem igényelnek változtatást.

E hídszerkezetek előnye a hagyományos vasbeton teknőhidakkal szemben – a kisebb szerkezeti magasság, a nagyobb teherbíró-képesség és a szerkezet merevsége miatt – a dinamikus hatások szempontjából kedvezőbb viselkedés.

A következőkben két együttműködő acél–beton lemezszerkezetet mutatunk be, egy tömör keresztmetszetű (A) és egy üreges keresztmetszetű lemezt (B), mindkét típust a Kolozsvári Műszaki Egyetem vasútépítő tanszékén fejlesztettük ki, megtervezve az 1-es ábrán látható (A) típust, amelyet először a Kolozsvári Vasútigazgatóság vonalain helyeztek üzembe.

2. Tömör keresztmetszetű acél–beton lemezek

Az acél–beton öszvérlemezhíd keresztmetszeti elrendezését az 1. ábra szemlélteti.

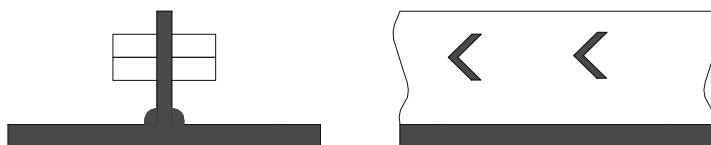


1. ábra

A lemezszerkezet egy vízszintes, folytonos, 8–12 mm vastag acéllemezből áll, amelyre 400–600 mm távolságra merevítő acéllemezek (12 mm vastag) vannak hegesztve, amelyek hossza megegyezik a vízszintes lemez hosszával.

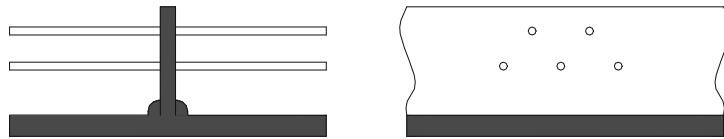
Ezeknek a függőleges hosszlemezeknek az oldalára vannak felhegesztve a kapcsolóelemek, amelyek biztosítják az együttműködést az acélszerkezet és a beton között (2. ábra).

Bizonyos távolságra ezek a kapcsolóelemek (szögvas) nagyobb keresztmetszetűek és összekapcsolják a hosszlemezeket.



2. ábra

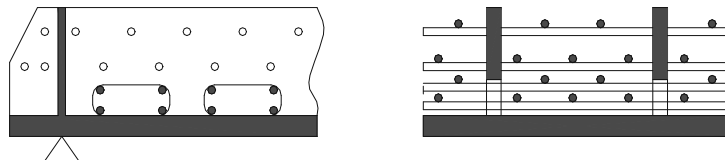
Az együttműködést biztosítani lehet az acéllemezen átvezetett betonvas segítségével is (3. ábra).



3. ábra

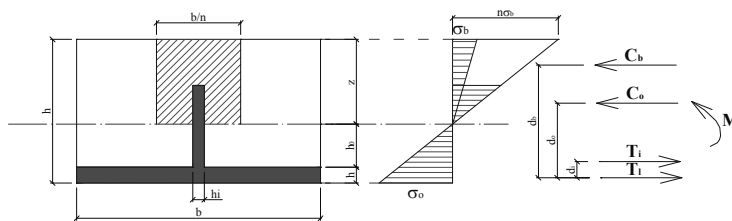
A 2-es és 3-as ábrán bemutatott együttdolgozást együtt is lehet alkalmazni.

Jobb együttdolgozás biztosítása érdekében a lemez felfekvése közelében üreges, függőleges merevítő elemek alkalmazhatók (4. ábra).



4. ábra

A lemez méretezésére a következő számítási modellt használjuk (5. ábra), megállapítva a lemez méreteit, majd számítással ellenőrizzük a maximális feszültségeket.



5. ábra

Az egyensúlyi feltételekből felírható egyenletek:

$$C_b + C_a = T_i + T_p \quad (1)$$

$$C_b \cdot d_b + C_a \cdot d_a - T_i \cdot d_i + M = 0 \quad (2)$$

A (2) egyensúlyú feltételt kifejtve, egy z-ben másodfokú egyenletet kapunk (3), amelynek a megoldása éppen a súlyvonal helyzetét adja meg (4):

$$(b - b_i)z^2 + 2[b_i(n - 1)(h_0 - h) + nb_i(h - h_0) + nbh_p]z + [b_i(n - 1)(h - h_0)^2 - nb_i(h - h_p)^2 - nbh_p(2h - h_p)] = 0$$

⇓

$$\alpha \cdot z^2 + \beta \cdot z + \gamma = 0 \quad (3)$$

$$z = \frac{1}{2\alpha} \cdot \left[\sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma} - \beta \right] \quad (4)$$

Ismerve a súlyvonal helyzetét, „z”-t, és kiszámítva (I_c) a redukált ideális keresztmetszetű tehetetlenségi nyomatékát, a beton és az acél legjobban igénybe vett szintjén a normálfeszültség a következő képletekkel számítható:

$$\sigma_a = \frac{M \cdot (h - z)}{I_c} \begin{cases} \sigma_a(n_t) \\ \sigma_a(n_r) \\ \sigma_a(n_f) \end{cases} \quad (5)$$

$$\sigma_b = \frac{M \cdot z}{n \cdot I_c} \begin{cases} \sigma_b(n_t) \\ \sigma_b(n_r) \\ \sigma_b(n_f) \end{cases} \quad (6)$$

A nyíróerőből származó feszültségek:

$$\tau = \frac{T \cdot S_c}{b \cdot I_c} \quad (7)$$

a Zsuravszki-képlettel számíthatók,
 ahol: M a keresztmetszetet igénybe vevő nyomaték,
 T a keresztmetszetet igénybe vevő nyíróerő.

A (5),(6) és (7) képletben a Z, I_c és S_c, a keresztmetszet geometriai adatain kívül, függ a redukálási tényezőtől (n):

$$n = \begin{cases} n_t \\ n_r \\ n_f \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z(n_t) & z(n_r) & z(n_f) \\ I_c(n_t) & I_c(n_r) & I_c(n_f) \\ S_c(n_t) & S_c(n_r) & S_c(n_f) \end{cases} \quad (8)$$

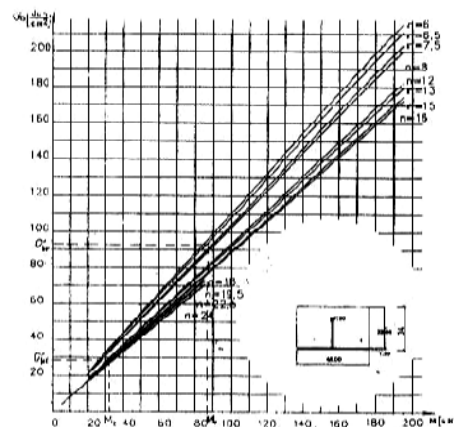
A beton felső övében a normál feszültség a következő képlettel határozható meg:

$$\sigma_b = \frac{2zM}{nb_t \eta^2 \left(\frac{1}{3} \eta + 0.5h_t \right) + bz^2 \left(\eta + 0.5h_t + \frac{2}{3}z \right)}, \quad (9)$$

ahol $\eta = h - z - h_t$, $h_t = h_p$.

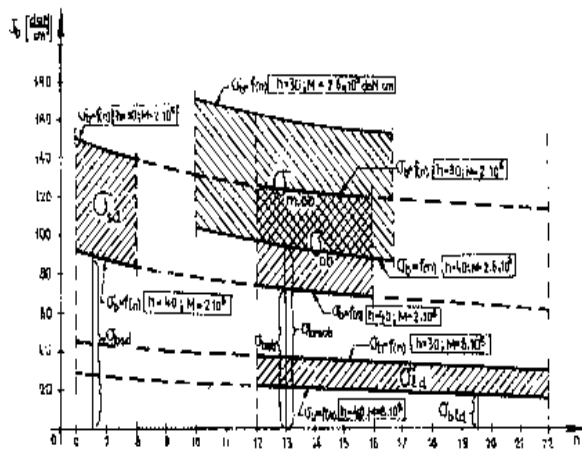
A 6. ábrán levő diagramok segítségével különböző osztályú betonok esetén (n) leolvasható a különböző értékű forgatónyomaték M(kNm) által létrehozott nyomófeszültség (σ_b) a keresztmetszet legjobban igénybe vett betonövében.

$\sigma_b = f_{(n)}$ egy üreges merevítő lemezzel rendelkező lemezelemnél (4. ábra), ahol ($h = \{30,40\}$; $b = 75$).



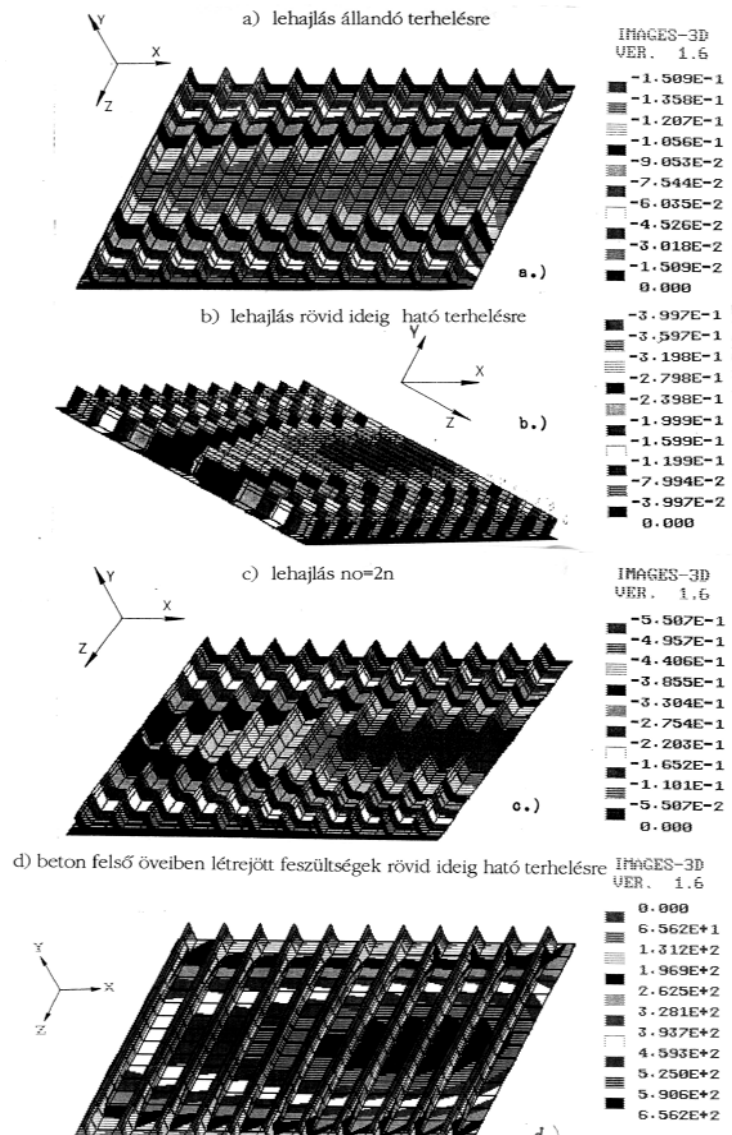
6. ábra

Figyelembe véve a tartós teher, valamint a rövid ideig tartó teher által létrehozott nyomatékot (M) egy megválasztott lemezvastagság (h) mellett, a 7. ábra a beton osztálya (n) és a legjobban igénybe vett betonövében létrehozott normál feszültség összefüggését szemlélteti.



7. ábra

A 8. ábra egy 5,40 m nyílású, aszimmetrikusan terhelt ($5 \times 250 \text{ kN} + \text{centrifugális erő } R=400 \text{ m}$) lemez számítását szemlélteti az IMAGES számítógépes program segítségével, bemutatva a lemez felső síkjában a feszültségek, valamint a lehajlások eloszlását.



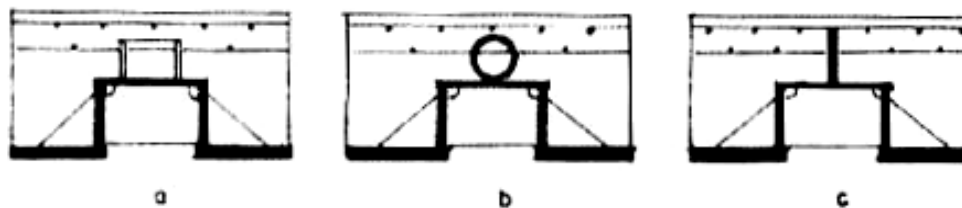
8. ábra

Mivel a húzott betonrészt nem vettük figyelembe, a számításainkban olyan elképzelést próbáltunk megvalósítani, hogy a húzott betonrészbe üregeket alakítottunk ki, csökkentve így a szerkezet önsúlyát. Így alakultak ki az üreges együttdolgozó öszvérlemezek.

3. Üreges együttdolgozó öszvérlemezek

3.1. Üreges keresztmetszetű lemezszerkezetek

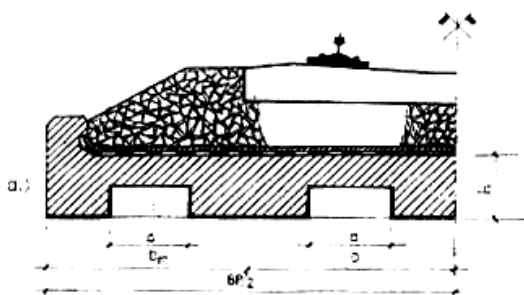
Az acélszerkezetet hegesztett acéllemezekből állítják elő. Az alsó és a gerinclemezek vastagabbak (≈ 12 mm), a felső vízszintes lemez vékonyabb, ($\approx 6-8$ mm), ennek az a fő szerepe, hogy rá lehessen hegeszteni a kapcsolóelemeket, amelyek lehetnek merev vagy rugalmas kapcsolóelemek (9. ábra).



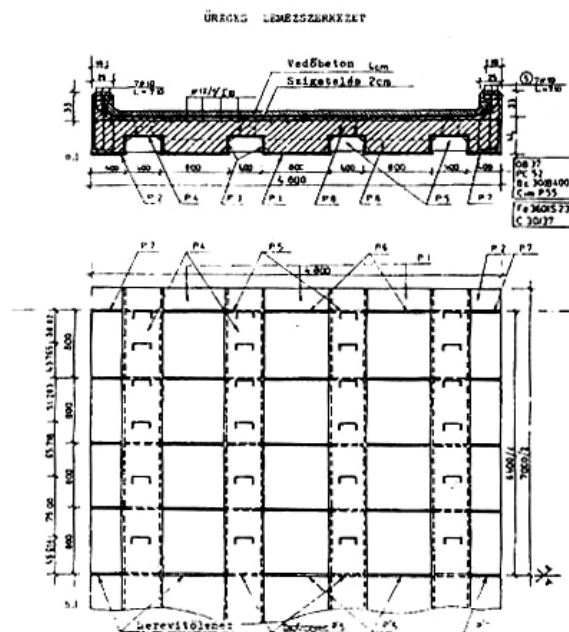
9. ábra

- 9/a ábra – merev kapcsolóelemek (U idomacél)
- 9/b ábra – rugalmas kapcsolóelemek (spirál kapcsolóelem)
- 9/c ábra – rugalmas kapcsolóelemek (folytonos acéllemez, amelyen betonacél van átvezetve)

A hídszerkezet keresztmetszeti elrendezése a 10. ábrán látható, majd a hídszerkezet keresztmetszete és az acélszerkezet, merev kapcsolóelemekkel, a 11. ábrán van feltüntetve.

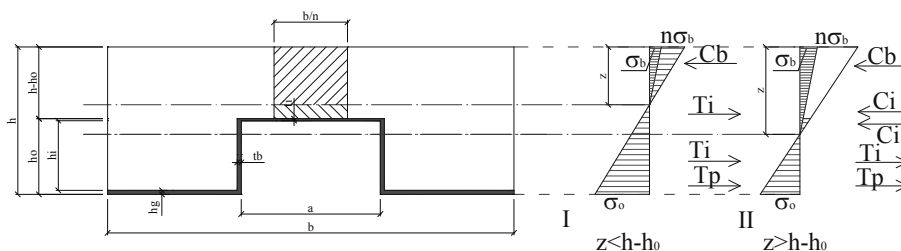


10. ábra



11. ábra

Az itt bemutatott öszvérlemez-szerkezet számítási modelljét a 12. ábra szemlélteti.



12. ábra

Az I. és II. egyensúlyi egyenletből meghatározható a súlyvonal helyzete: „z”.

$$I. \quad C_b = T_t + T_i + T_p \Rightarrow Z_I \quad (10)$$

$$II. \quad C_b + C_i + C_i = T_i + T_p \Rightarrow Z_{II} \quad (11)$$

A súlyvonal helyzetét meghatározó egyenletek (12),(15):

$$bz^2 + 2n[t_i(a + 2t_b) + 2h_it_b + h_p(b - a)]z - \left[t_i(a + 2t_b)(2h - 2h_p - 2h_i - t_i) + 2h_it_b(2h - 2h_p - h_i) + h_p(b - a)(2h - h_p) \right] = 0 \quad (12)$$

Jelölve

$$\beta = 2n[t_i(a + 2t_b) + 2h_it_b + h_p(b - a)]$$

$$\gamma = n[t_i(a + 2t_b)(2h - 2h_p - 2h_i - t_i) + 2h_it_b(2h - 2h_p - h_i) + h_p(b - a)(2h - h_p)] \quad (13)$$

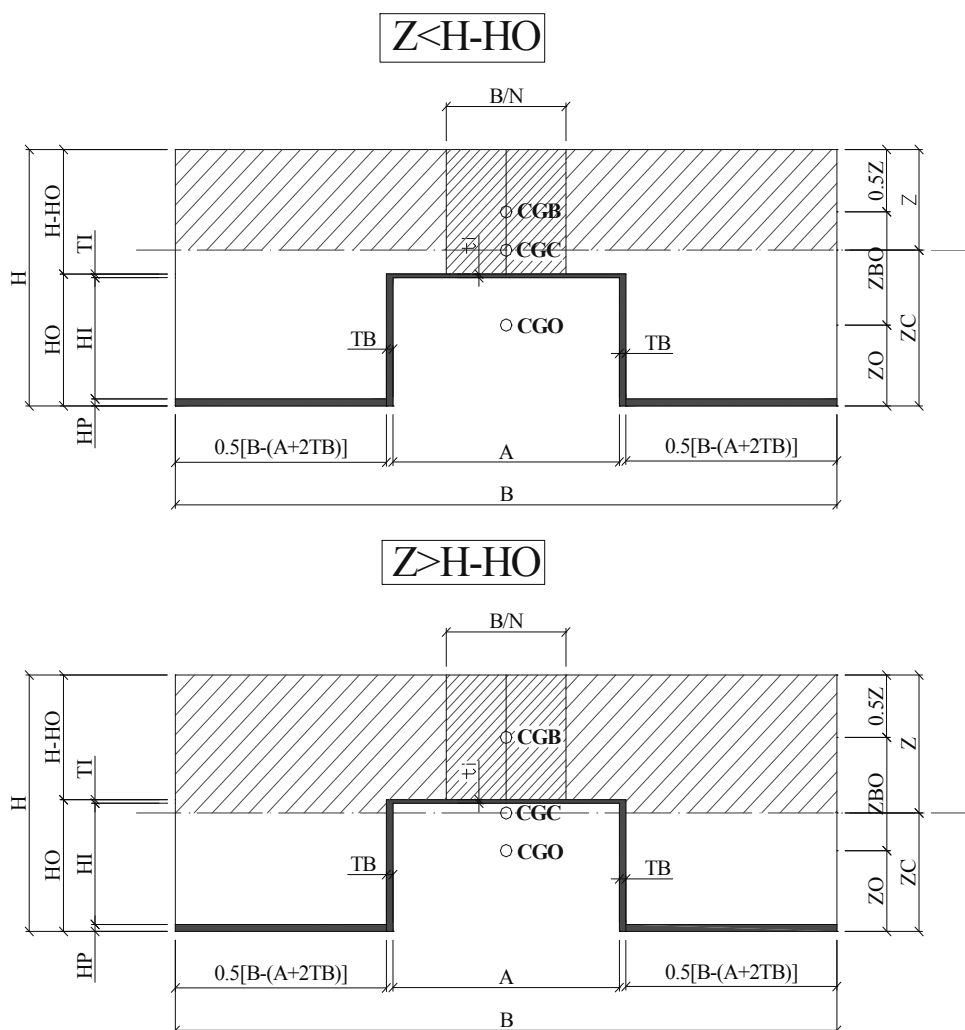
$$\Delta = \beta^2 + 4b\gamma \Rightarrow z = 0.5(\sqrt{\Delta} - \beta)/b \quad (14)$$

$$z = \frac{b(h - h_0)^2 + 2nt_b(2h - h_0 - h_p - t_i)(h_0 - h_p - t_i) + nh_p(b - a)(2h - h_p) + nt_i(a + 2t_b)(2h - 2h_0 + t_i)}{2b(h - h_0) + 2mt_i(a + 2t_b) + 4nt_b(h_0 - h_p - t_i) + 2nh_p(b - a)} \quad (15)$$

A méretezési számítások megkönnyítése érdekében a 12. ábrán bemutatott két esetre (I, II) és a 13. ábrán látható jelölésekkel egy program segítségével meghatározhatjuk azokat az elemeket, amelyekre a méretezési és feszültségellenőrzési számítások elvégzésekor szükségünk van. A 13-as ábra jelölései a következők:

- AC = az „ideális” homogén keresztmetszet területe (cm²);
- IC = az „ideális” homogén keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka (cm⁴);
- WI, WS = az „ideális” homogén keresztmetszet keresztmetszeti modulusa (cm³);
- AB = a nyomott beton keresztmetszet területe (cm²);
- AO = acélkeresztmetszet területe (cm²);
- IO = acélkeresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka (cm⁴);
- SM = a nyomott betonkeresztmetszet statikai nyomatéka (cm⁴);
- ICT = a keresztmetszet csavarási másodrendű nyomatéka (cm⁴);
- AN = semleges vonal, z semleges tengely helyzetét határozza meg (cm);
- CGC = az ideális keresztmetszet súlypontja.

Ezen elemek kiszámítása a következő, 13. ábra jelölései szerint, egy számítógépes program segítségével történik. Az eredményeket az 1. és 2. táblázat tartalmazza.



13. ábra

A semleges tengely (AN) a beton keresztmetszetet metszi

$z < h-h_0$

1. táblázat

Z	AC	IC	WS	WI
AB	ZB	AO	ZO	IO
ZC	ICT	ZCO	SM	CT
H= 30 cm	B=120 cm	A= 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
13.74938	416.3499	42897.71	3119.975	2639.758
1649.925	23.12531	153.12	4.432288	4923.508
16.25063	32224.52	11.81834	1809.623	2.203443E-03
H = 32 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
14.4286	431.7536	50423.43	3494.686	2869.631
1731.432	24.7857	155.52	4.757408	5718.105
17.5714	33814.4	12.81399	1992.832	2.064363E-03

Z	AC	IC	WS	WI
AB	ZB	AO	ZO	IO
ZC	ICT	ZCO	SM	CT
H = 34 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
15.09688	446.9477	58680.14	3886.905	3104.257
1811.626	26.45156	157.92	5.087842	6581.239
18.90312	35378.68	13.81528	2181.709	1.942018E-03
H = 36 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
15.7553	461.953	67690.46	4296.362	3343.614
1890.636	28.12235	160.32	5.423353	7514.524
20.2447	36919.88	14.82135	2376.159	1.833563E-03
H = 38 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
16.40478	476.7873	77476.71	4722.813	3587.679
1968.574	29.79761	162.72	5.763717	8519.55
21.59522	38440.2	15.8315	2576.103	1.73676E-03
H = 40 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
17.04614	491.466	88061.01	5166.039	3836.436
2045.537	31.47693	165.12	6.108721	9597.882
22.95386	39941.5	16.84514	2781.469	1.649827E-03
H = 42 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
17.68008	506.0027	99465.26	5625.837	4089.868
2121.61	33.15996	167.52	6.458166	10751.07
24.31992	41425.46	17.86175	2992.201	1.571329E-03
H = 44 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
18.30723	520.4094	111711.2	6102.029	4347.963
2196.867	34.84639	169.92	6.811864	11980.64
25.69277	42893.52	18.88091	3208.244	1.500093E-03
H = 46 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
18.92813	534.6964	124820.5	6594.448	4610.71
2271.375	36.53393	172.32	7.169638	13288.09
27.07187	44346.98	19.90224	3429.553	1.435156E-03
H = 48 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
19.54327	548.8732	138814.7	7102.941	4878.097
2345.192	38.22837	174.72	7.531319	14674.93
28.45673	45786.96	20.92541	3656.088	1.375717E-03
H = 50 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
20.15309	562.9481	153715.1	7627.371	5150.116
2418.37	39.92346	177.12	7.896748	16142.62
29.84691	47214.5	21.95017	3887.813	1.321103E-03
H = 30 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 12.536
16.77339	313.6821	31823.69	1897.272	2406.036
2012.807	21.6133	153.12	4.432288	4923.508
13.22661	4968.519	8.79432	1346.586	4.420396E-03

Z	AC	IC	WS	WI
AB	ZB	AO	ZO	IO
ZC	ICT	ZCO	SM	CT
H = 32 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 12.536
17.65255	324.4978	37572.98	2128.474	2618.791
2118.305	23.17373	155.52	4.757408	5718.105
14.34745	5226.717	9.590046	1491.444	4.146761E-03
H = 34 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 12.536
18.51852	335.1873	43904.73	2370.855	2835.951
2222.222	24.74074	157.92	5.087842	6581.239
15.48148	5481.061	10.39364	1641.363	3.905451E-03
H = 36 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 12.536
19.37253	345.7623	50838.36	2624.249	3057.493
2324.704	26.31373	160.32	5.423353	7514.524
16.62747	5731.909	11.20411	1796.243	3.691062E-03
H = 38 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 12.536
20.21566	356.233	58393.02	2888.504	3283.395
2425.879	27.89217	162.72	5.763717	8519.55
17.784343	5979.572	12.02062	1955.996	3.49933E-03
H = 40 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 12.536
21.04882	366.6084	66587.59	3163.483	3513.638
2525.858	29.47559	165.12	6.108721	9597.882
.....

A semleges tengely (AN) az acélszerkezetet metszi $z > h - h_0$

2. táblázat

Z	AC	IC	WS	WI
AB	ZB	AO	ZO	IO
ZC	ICT	ZCO	SM	CT
H= 30 cm	B=120 cm	A= 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
13.78338	440.2929	42909.68	3113.146	2646.031
1705.59	22.88148	153.12	4.432288	4923.508
16.21662	1804.417	35149.77	1769.794	1.718526E-02
H = 32 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
14.47978	461.8378	50446.98	3483.96	2879.358
1802.031	24.47396	155.52	4.757408	5718.105
17.52022	1984.873	37489.95	1943.961	1.605614E-02
H = 34 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = .6 cm	N = 6.268
15.1686	483.3827	58721.64	3871.262	3118.284
1897.884	26.06792	157.92	5.087842	6581.239
18.83139	2170.382	39830.13	2123.253	0.0150658

Z	AC	IC	WS	WI
AB	ZB	AO	ZO	IO
ZC	ICT	ZCO	SM	CT
H = 36 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 6.268
15.85082	504.9275	67758.03	4274.733	3362.819
1993.224	27.66313	160.32	5.423353	7514.524
20.14918	2360.845	42170.3	2307.607	1.419024E-02
H = 38 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 6.268
16.52724	526.4724	77580.37	4694.091	3612.967
2088.114	29.25938	162.72	5.763717	8519.55
21.47276	2556.176	44510.49	2496.967	1.341065E-2
H = 40 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 6.268
17.19855	548.0173	88212.75	5129.082	3868.734
2182.607	30.85651	165.12	6.108721	9597.882
22.80145	2756.304	46850.67	2691.287	0.0127121
H = 42 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 6.268
17.86532	569.5621	99679.23	5579.481	4130.125
2276.749	32.45438	167.52	6.458166	10751.07
24.13468	2961.17	49190.85	2890.529	1.208263E-02
H = 44 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 6.268
18.52806	591.107	112003.8	6045.089	4397.143
2370.577	34.05288	169.92	6.811864	11980.64
25.47194	3170.72	51531.03	3094.659	1.151248E-02
H = 46 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 6.268
19.18719	612.6519	125210.3	6525.724	4669.792
2464.125	35.65193	172.32	7.169638	13288.09
26.81281	3384.912	53871.21	3303.65	1.099367E-02
H = 48 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 6.268
19.84307	634.1967	139322.6	7021.222	4948.075
2557.422	37.25144	174.72	7.531319	14674.93
28.15693	3603.708	56211.39	3517.477	1.051958E-02
H = 50 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 6.268
20.49603	655.7416	154364.6	7531.439	5231.994
2650.492	38.85136	177.12	7.896748	16142.62
29.50397	3827.072	58551.57	3736.119	1.008467E-02
H = 30 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 12.536
16.82412	296.7065	31805.13	1890.448	2413.891
1941.552	21.88671	153.12	4.432288	4923.508
13.17588	1338.818	4450.018	1379.39	1.807085E-02
H = 32 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 12.536
17.69489	308.6789	37558.03	2122.535	2625.497
2051.523	23.43279	155.52	4.757408	5718.105
14.30511	1484.859	4743.548	1521.783	1.688258E-02

Z	AC	IC	WS	WI
AB	ZB	AO	ZO	IO
ZC	ICT	ZCO	SM	CT
H = 34 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 12.536
18.55294	320.6513	43893.17	2365.834	2841.522
2160.508	24.98258	157.92	5.087842	6581.239
15.44706	1635.928	5037.079	1668.892	1.584237E-02
H = 36 cm	B = 120 cm	A = 40 cm	TI = 6 cm	N = 12.536
19.39964	332.6238	50829.86	2620.144	3061.974
2268.612	26.53561	160.32	5.423353	7514.524
.....

A feszültségeket a (5,6) képletek segítségével határozzuk meg, figyelembe véve a tartós terheket, a rövid ideig ható terheket, valamint a fáradásra használt redukáló tényezőt.

$$\sigma_a = \frac{M \cdot (h - z)}{I_c} \begin{cases} \sigma_a(n_t) \\ \sigma_a(n_r) \\ \sigma_a(n_f) \end{cases}$$

$$\sigma_b = \frac{M \cdot z}{n \cdot I_c} \begin{cases} \sigma_b(n_t) \\ \sigma_b(n_r) \\ \sigma_b(n_f) \end{cases}$$

$$\sigma_{b_{\max}} = \max\{[\sigma_b(n_t) + \sigma_b(n_r)]; [\sigma_b(n_t) + \sigma_b(n_f)]\}$$

$$\sigma_{a_{\max}} = \max\{[\sigma_a(n_t) + \sigma_a(n_r)]; [\sigma_a(n_t) + \sigma_a(n_f)]\} \quad (16)$$

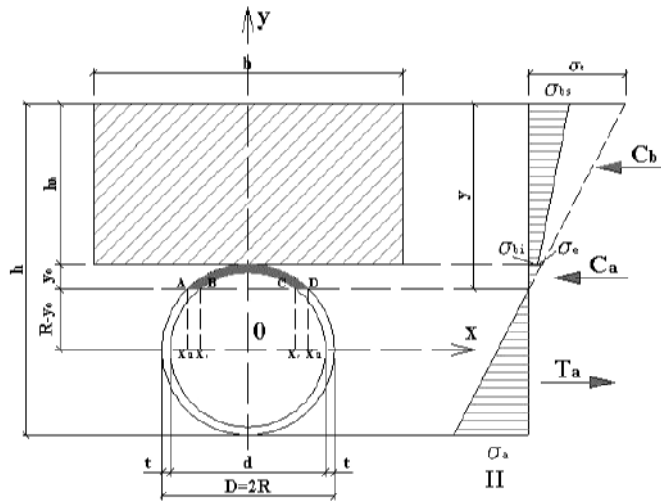
A (16) képletek segítségével határozzuk meg a legnagyobb feszültségeket a beton és az acél legjobban igénybe vett öveiben.

3.2. Vasbetonlemez és acélcsövekből kialakított lemezek

A Műszaki Szemle 17. számában közöltünk egy megközelítő megoldást. Most a pontos képleteket közöljük.

Két esetet különböztetünk meg:

1. A semleges tengely az acélcsövet metszi (14.ábra)



14. ábra

Első lépésben meghatározzuk az X0Y koordináta rendszerben az X_r és X_R abszcisszákat.

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = R^2 \\ y = R - y_0 \end{cases} \Rightarrow X_R = \pm \sqrt{2Ry_0 - y_0^2};$$

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = r^2 \\ y = R - y_0 \end{cases} \Rightarrow X_r = \pm \sqrt{r^2 + 2Ry_0 - R^2 - y_0^2}$$

Az ABCD területet S-el jelöljük és a következőképpen számítjuk:

$$S = 2 \cdot \left[\int_0^{X_R} \sqrt{R^2 - x^2} dx - \int_0^{X_r} \sqrt{r^2 - x^2} dx - (X_R - X_r)(R - y_0) \right] \quad (17)$$

A betonlemezben valamint az acélcsőben keletkezett nyomó illetve húzóerők a következőképpen számíthatók:

$$C_b = b \cdot h_b \cdot \frac{\sigma_{bs} + \sigma_{bi}}{2}; \quad C_a = S \cdot \frac{\sigma_e}{2}; \quad T_a = \left[\pi(R^2 - r^2) - S \right] \cdot \frac{\sigma_a}{2} \quad (18)$$

A semleges tengely helyzetét meghatározó egyenlet:

$$C_b + C_a = T_a \quad (19) \quad \Rightarrow y_0$$

A (17) összefüggést kifejtve, a következő képletet kapjuk:

$$S = 2 \left[\frac{R^2}{2} \arcsin \frac{X_R}{R} + \frac{X_R}{2} \sqrt{R^2 - X_R^2} - \frac{r^2}{2} \arcsin \frac{X_r}{r} - \frac{X_r}{2} \sqrt{r^2 - X_r^2} - (X_R - X_r)(R - y_0) \right] \quad (20)$$

ahol:

$$X_R = \sqrt{2Ry_0 - y_0^2} \quad \text{és} \quad X_r = \sqrt{r^2 + 2Ry_0 - R^2 - y_0^2}$$

A (18) és (20) összefüggéseket behelyettesítve a (19) egyenletbe megkapjuk y_0 -t

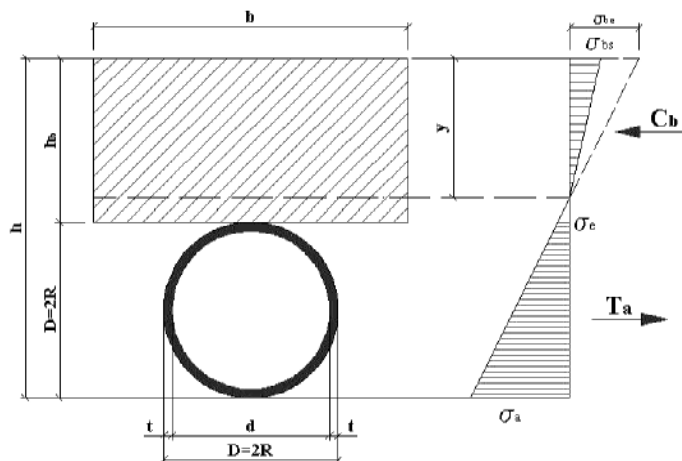
A semleges tengely helyzetét (y_0) meghatározó egyenlet:

$$n \cdot S \cdot y_0 + b \cdot h_b \cdot (h_b + 2y_0) = n[\pi(R^2 - r^2) - S](h - h_b - y_0) \quad (21)$$

S-területet a (17) összefüggés szerint kell meghatározni ; $n = E_a/E_b$

A semleges tengely helyzetét meghatározó egyenletet (21) csak numerikus közelítő módszerek segítségével lehet megoldani.

2. A semleges tengely a beton keresztmetszetet metszi (15.ábra). A húzott betonrészt elhanyagoljuk a számításban.



15. ábra

A betonkeresztmetszetben illetve az acélkeresztmetszetben létrejött nyomó- illetve húzóerő

$$C_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{y}{h-y} \cdot \frac{\sigma_a}{n} \cdot y \cdot b = \frac{b \cdot y^2 \cdot \sigma_a}{2n(h-y)}; \quad T_a = \pi(R^2 - r^2) \frac{2h - 2y - D}{2(h-y)} \sigma_a \quad (22)$$

A semleges tengely helyzetét a következő egyenlet határozza meg (23):

$$C_b = T_a \quad (23)$$

A behelyettesítések után kapjuk (24)

$$by^2 = n\pi(R^2 - r^2)(2h - 2y - D)$$

$$by^2 + 2n\pi(R^2 - r^2)y - n\pi(R^2 - r^2)(2h - D) = 0 \quad (24)$$

$$y = \frac{\sqrt{n^2\pi^2(R^2 - r^2)^2 + nb\pi(R^2 - r^2)(2h - D)} - n\pi(R^2 - r^2)}{b} \quad (25)$$

Ismerve a semleges tengely helyzetét (y, y_0), meghatározhatók az ideális, ún. acélra redukált keresztmetszet statikai jellemzői (tehetetlenségi nyomaték I, keresztmetszet A és statikai nyomaték S).

Ezek ismeretében könnyen meghatározhatók a legjobban igénybevett keresztmetszet normál- és csúszófeszültségei (σ, τ).

4. Számítógépes tervezés

Mivel az itt bemutatott három öszvérlemez nem szokványos szerkezet [ezeket a kolozsvári Műszaki Egyetemen tervezték meg, (Köllő G. 1990)], éppen ezért szükségesnek tartjuk egy olyan számítógépes program megalkotását, amely megkönnyíti ezen szerkezetek megtervezését. (KIRON program)

Mind a három bemutatott szerkezet tervezésénél alkalmazni lehet a bemutatásra kerülő programot.

A program a keresztmetszeti elemek megválasztása után a terheléseket (állandó terhek, vonat terhelés) határozza meg, lehetőséget nyitva különböző típusú vonatterhelés megválasztásához (hazai szabványok, Eurocode1).

Ezután következik az igénybevételek [nyíróerő (T), forgatónyomaték (M)] meghatározása, majd a legjobban igénybevett keresztmetszetben a program segítségével kiszámíthatók a normálfeszültségek (σ) a nyomott betonövben, a húzott acélövben valamint a csúszófeszültségek (τ), figyelembe véve szuperpozíció elvét.

Az erőtani követelmények kielégítését három állapotban kell megvizsgálni:

- rövid ideig ható terhelés esetében (vonatterhelés);
- a beton lassú alakváltozásainak és zsugorodásának figyelembe vételével;
- figyelembe véve a rövid ideig ható terhelés gyakoriságát, (fáradás jelensége).

Az itt felsorolt három eset mindenképpen más-más redukáló tényezőt (n) kell alkalmazni. Hajlított tartókról van szó tehát ún. acélra redukált ideális keresztmetszeti jellemzőkkel dolgozik a program.

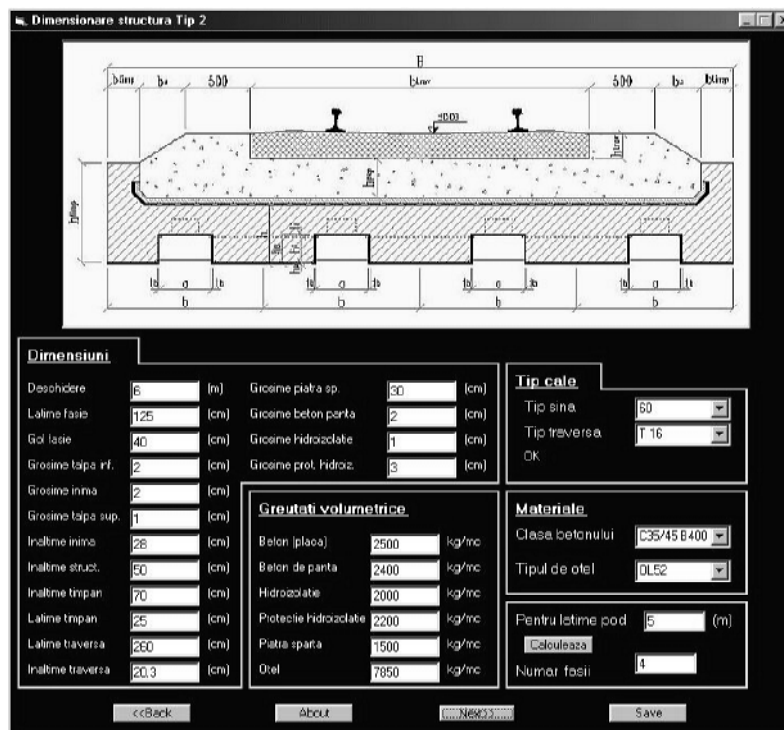
Bármelyik esetben, a különböző terhelési kombinálások után számított feszültségek (σ , τ) elemzése után ($\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{megengedett}}$) a program lehetőséget biztosít bármilyen változtatásra (keresztmetszet méretei, anyagok minősége, terhelés stb.), majd újravégzi az igénybevételek számítását.

Következik a lemezszerkezet maximális lehajlásának számítása és összehasonlítása a szabványok által megengedett legnagyobb lehajlással a legelőnytelenebb terhelési kombináció esetén, ($f_{\max} \leq f_{\text{megengedett}}$).

Ha ez a feltétel is teljesül, a program segítségével meghatározhatjuk a lemez fél hosszúságára jutó legnagyobb csúszóerőt, valamint ennek a változását, és egy megválasztott kapcsolóelem (több típusú kapcsolóelem is kiválasztható) esetén, ezeknek a számát és elhelyezését a lemez hosszában.

A KIRON program könnyen alkalmazható, nem igényel magas szintű számítógép-kezelő ismereteket.

A következőkben bemutatunk néhány felhasználói ablakot.

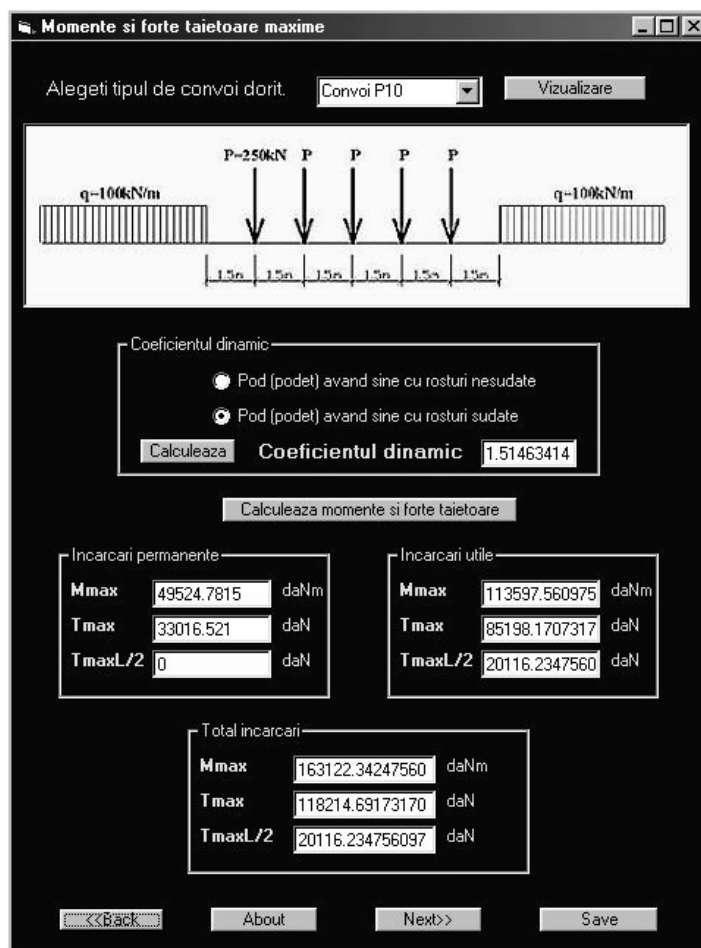


16. ábra

Megjegyzés: (a párbeszédablakban található román nyelvű kifejezések lefordítása magyar nyelvre)

Dimensiuni – keresztmetszeti méretek, *deschidere* – fesztávolság (L), *lățime fașie* – (b), *gol fașie* – (a), *grosime talpă inferioară* – (hp), *grosime inimă* – (tb), *grosime talpă superioară* – (ti), *înlățime inimă* – (hi), *înlățime structură* – (h), *înlățime timpan* – (h_{timp}), *lățime timpan* – (b_{timp}), *lățime traversă* – (b_{trav}), *înlățime traversă* – (h_{trav}), *grosime piatră spartă* – (h_{psp}), *grosime beton pantă* – keresztmetszeti lejtést biztosító beton

vastagsága, *grosime hidroizolație* – szigetelés vastagság, *grosime protecție hidroizolație* – védőbeton vastagság, *greutăți volumetrice* – fajsúly, *beton (placă)* – lemezbe öntött beton, *beton pantă* – keresztmetszeti lejtést biztosító beton, *hidroizolație* – szigetelés, *protecție hidroizolație* – védőbeton, *piatră spartă* – zuzottkő, *oțel* – acél, *tip cale* – vágány típus, *tip șină* – sín típus, *tip traversă* – talpalj típus, *materiale* – anyagminőség, *clasa betonului* – beton osztály, *tipul de oțel* – acél típus, *valori rezultate* – számított értékek, *lățime pod (B)* – keresztmetszet szélesség, *număr fâșii* – lemezelem szám.



17. ábra

Megjegyzés:

Momente și forțe tăietoare maxime – maximális forgatónyomaték (M) és nyíróerő (T), *alegeți tipul de convoi dorit* – a megfelelő vonatterhelés kiválasztása, *coeficientul dinamic* – dinamikus tényező, *calculează momente și forțe tăietoare* – forgatónyomaték és nyíróerő számítása, *încărcări permanente* – állandó terhelés, *încărcări utile* – hasznos terhelés (vonatterhelés).

Caracteristici geometrice ale secțiunii

Coeficientul de echivalență "n" a betonului în oțel: 6.2686567

Opțional

Doresc să schimb clasa betonului sau tipul de oțel

n Axa neutră este în oțel

z	23.54374334982 cm	Wi	8188.112096142 cm ³
Ic	216626.7950959 cm ⁴	Ac	704.8690476190 cm ²
Ws	9201.034511680 cm ³	S	5523.780609207 cm ³

2n Axa neutră este în oțel

z	28.70515515110 cm	Wi	7505.814617793 cm ³
Ic	159835.1577504 cm ⁴	Ac	515.4345238095 cm ²
Ws	5568.169093984 cm ³	S	4194.705699796 cm ³

3n Axa neutră este în oțel

z	31.38641568035 cm	Wi	7059.024753472 cm ³
Ic	131393.7524632 cm ⁴	Ac	452.2896825396 cm ²
Ws	4186.325504681 cm ³	S	3546.331702231 cm ³

18. ábra

Megjegyzés:

Caracteristici geometrice ale secțiunii – a jellemző keresztmetszeti elemek számítása.

Eforturi normale și tangențiale

n

σ_0	693.673704 daN/cm ²	τ	271.559205 daN/cm ²
σ_b	98.4754249 daN/cm ²		

2n

σ_0	756.730393 daN/cm ²	τ	112.130543 daN/cm ²
σ_b	81.3620930 daN/cm ²		

3n

σ_0	350.790535 daN/cm ²	τ	172.977908 daN/cm ²
σ_b	31.4531275 daN/cm ²		

Caz I

σ_0	1044.46424
σ_b	129.928552
τ	444.537114

Caz II

σ_0	1107.52092
σ_b	112.815220
τ	285.108452

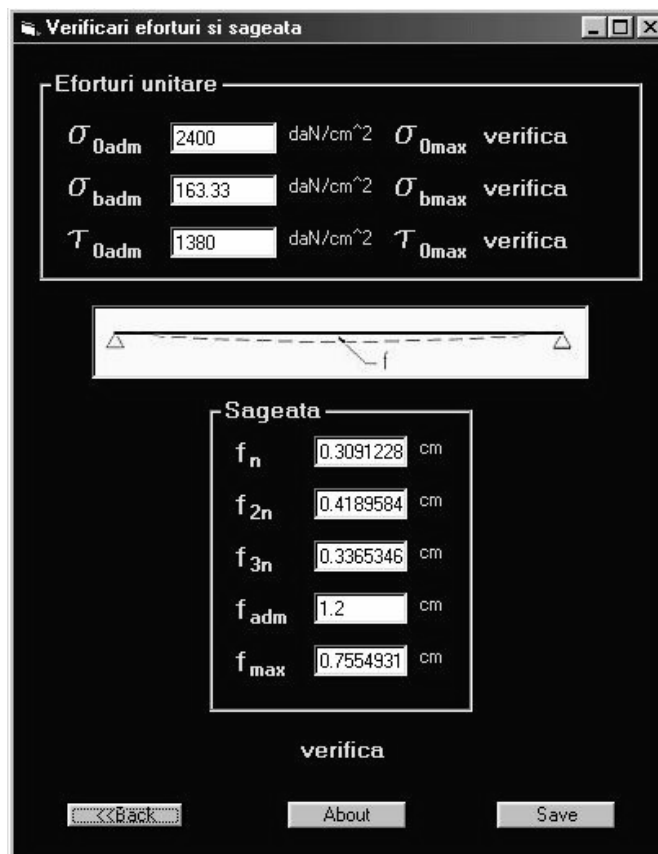
Maxim

σ_0	1107.52092
σ_b	129.928552
τ_{max}	444.537114

19. ábra

Megjegyzés:

Eforturi normale și tangențiale – normálfeszültségek (σ) és csúszófeszültségek (τ), σ_0 – normálfeszültség acélban, σ_b – normálfeszültség betonban, τ – csúszó feszültség, verificari – ellenőrzések



20. ábra

Megjegyzés:

Verificare eforturi și săgeată – normál és csúszó feszültségek valamint maximális lehajlás ellenőrzése, *eforturi unitare* – feszültségek, *săgeată* – lehajlás.

Conectori

Forta de alunecare in reazem si in mijlocul deschiderii

<p>n</p> <p>L_r 217247.364 daN/m</p> <p>L_c 51294.5166 daN/m</p>	<p>2n</p> <p>L_r 223593.643 daN/m</p> <p>L_c 52792.9435 daN/m</p>	<p>3n</p> <p>L_r 89152.4352 daN/m</p> <p>L_c 0 daN/m</p>
<p>Caz I</p> <p>L_r 306399.799 daN/m</p> <p>L_c 51294.5166 daN/m</p>	<p>Caz II</p> <p>L_r 312746.078 daN/m</p> <p>L_c 52792.9435 daN/m</p>	<p>Maxim</p> <p>L_r 312746.078 daN/m</p> <p>L_c 52792.9435 daN/m</p>

Forta de alunecare totala: 548308.533044 daN

Alegeți tipul de conectori: Rigid U12

..... Calculeaza Lcon si Nr. de conectori

Forta de rezistenta la alunecare a unui conector 26357 daN Nr conectori 20 buc

<<Back About Save

21. ábra

Megjegyzés:

Conectori – kapcsolóelemek, *forta de alunecare pe reazem și la mijlocul deschiderii* – a csúszóerő számítása a lemez szélső (L_r) és középső (L_c) keresztmetszetében, *forta de alunecare totală* – teljes csúszóerő a lemez fél hosszában, *alegeți tipul de conectori* – kapcsolóelem kiválasztása, *calculează Lcon și Nr. de conectori* – a kapcsolóelem teherbírása és számának meghatározása.

Cuprins – Content

Dr. Horváth Ferenc, Dr. Kubinszky Mihály _____ **3**

Începuturile construcțiilor de căi ferate în Transilvania
The Precedents of the Railway Construction in Transilvania

Dr. Farkas György _____ **10**

Tehnologia de execuție a betoanelor de înalte rezistență și înaltă performanță
Technology of High Strength and High Performance Concrete

Dr. Kazinczy László _____ **15**

Determinarea solicitării șinelor de cale ferată produse de încărcări uniform repartizate
Calculation of the Internal Forces Resulting from Linear, Constant Edgeway Railway Loads

Dr. Kiss Zoltán _____ **20**

Hale moderne din beton armat
Modern Reinforced Concrete Frame Structures

**Dr. Köllő Gábor, Orbán Zsolt,
Godja Teodor, Muresan Olimpiu** _____ **33**

Program de calcul pentru proiectarea dalelor mixte oțel-beton
Computer Design of Steel-Concrete Structures
