

Membránszerkezetek megtámasztásainak csomópontjai

Tudományos Diákköri Konferencia – 2011
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építészmérnöki Kar
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Szekció
Készítette: Füzes Bálint Péter
Konzulens: Hegyi Dezső

Tartalomjegyzék

1.	Bevezető	3. oldal
2.	Membránszerkezetek és főbb típuscsomópontjaik	4. oldal
3.	Feszített szerkezetek főbb elemei	8. oldal
4.	Feszített szerkezetek működésének erőtani háttere	14. oldal
5.	Egyszerű kapcsolatok	22. oldal
6.	Hevederes kapcsolatok	28. oldal
7.	Csomólemezes kapcsolatok	35. oldal
8.	Megoldások saroktól eltartott ponyvával	46. oldal
9.	Megszakítatlan kötéllel rendelkező kapcsolatok	51. oldal
10.	Lágy peremhez kapcsolt sarokkialakítások	60. oldal
11.	Kéthéjú kapcsolat	71. oldal
12.	Forrásjegyzék	75. oldal
13.	Köszönetnyilvánítás	76. oldal

I. Bevezető

Tudományos diákköri munkám keretében gyűjtő- és kutatómunkát végeztem egy speciális szerkezettípus, a sátorszerkezetek terén. Célom egy olyan segédlet összeállítása volt, mely áttekinthetően mutatja be ennek a térlefedés-típusnak a csomópontjait, illetve azok működését.

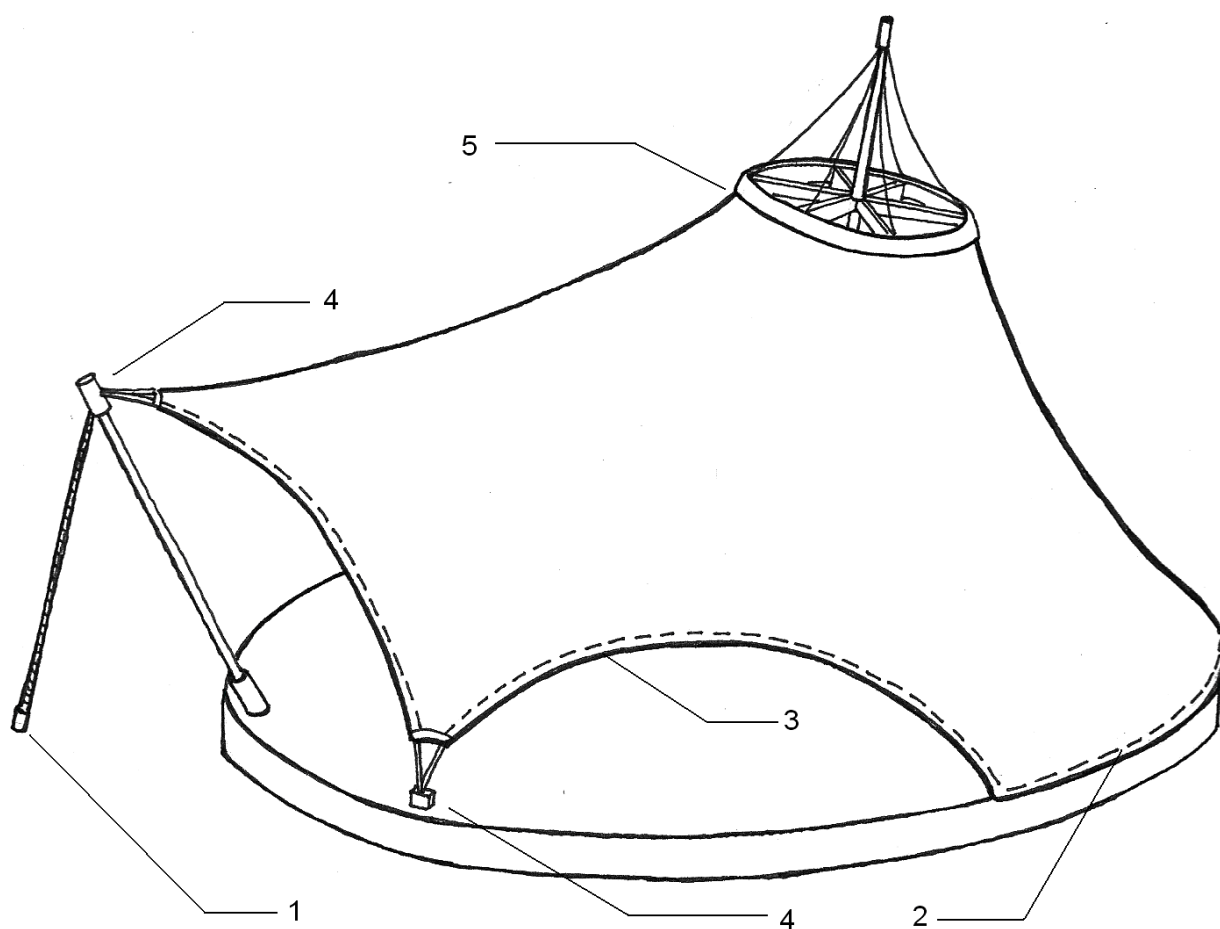
A jelen dolgozat bevezetését képzí annak a tervemnek, hogy a membránok összes típuscsomópontjának ma használatos mérnöki megoldásait egyetlen szerkezetismertetőben gyűjtöm össze – kezdetnek a pontszerű, külső megtámasztásokat (sarokcsomópontokat) dolgozom fel. Ez a dolgozat háromnegyed év munkájának eredménye, mely során igyekeztem a sarokcsomópontok minél több megoldását összegyűjteni – a dolgozat folytatását a membránok egyéb típuscsomópontjainak feldolgozása fogja képezni: toldások, lágy peremek, merev peremek, lehorgonyzások és árbocok mérnöki gyűjteménnyé való összeállítása.

A dolgozatomban röviden áttekintem a sátrak erőtani működésének alapjait, valamint ismertetem a főbb szerkezeti összetevőket.

II. Membránszerkezetek és főbb típuscsomópontjaik

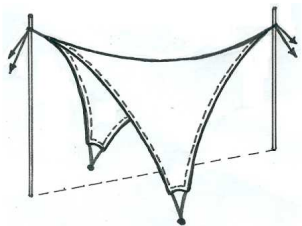
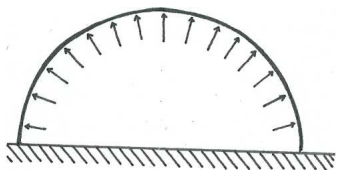
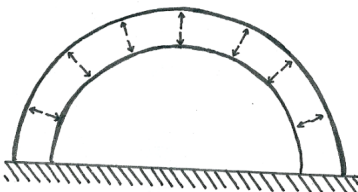
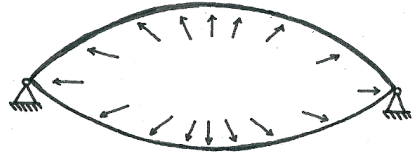
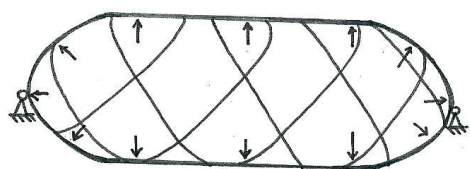
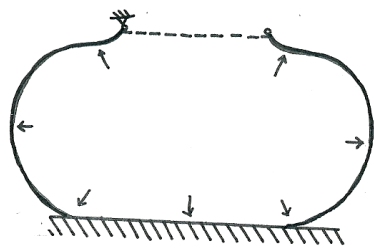
A membránok, más néven ponyvaszerkezetek a kortárs építészet és építéstechnológia által kínált tartószerkezeti megoldások részét képezik. A membránszerkezetekben kizárólag húzófeszültségek működnek. Az áthidalt távolságokhoz képest az önsúlyuk a tartószerkezetek közül a legkisebb, a ponyváké átlagosan 1 kg/m^2 . Sajátos formavilággal rendelkeznek, a mögöttes erőrendszer szemmel végigkövethető rajtuk – igazi tartószerkezeti és építészeti high-tech.

Az alábbi általános, feszített membránon tekintsük meg a dolgozatban feldolgozásra kerülő főbb csomóponttípusokat.



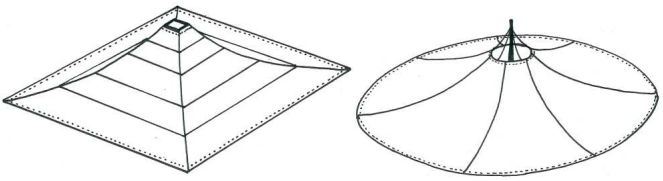
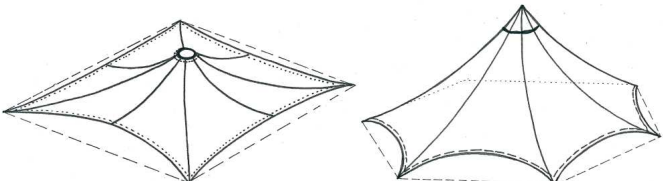
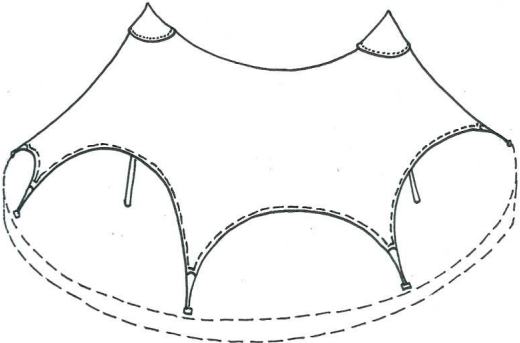
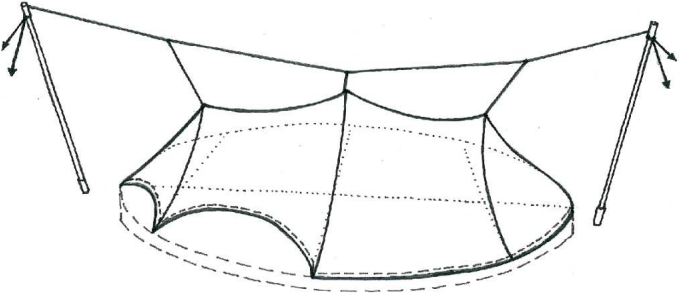
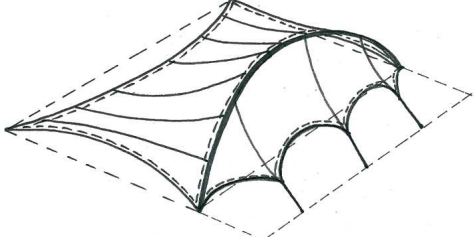
1. Alapozási kapcsolatok, lehorgonyzások
2. Külső, vonal menti megtámasztások – merev peremek
3. Külső, vonal menti megtámasztások – lágy kötélperemek
4. Külső, pontszerű megtámasztások – sarokcsomópontok
5. Belső, pontszerű megtámasztások – árboccsomópontok

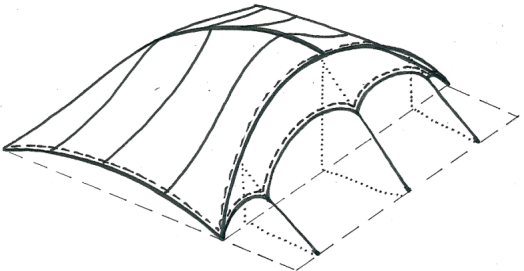
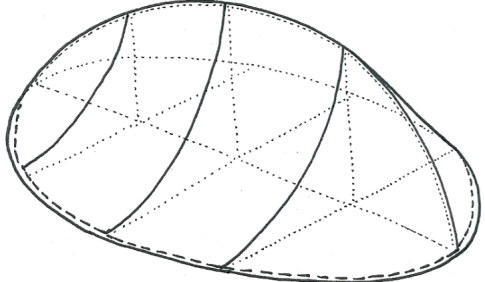
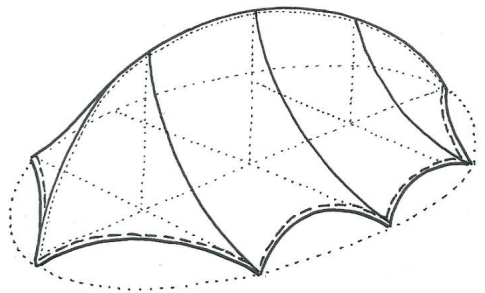
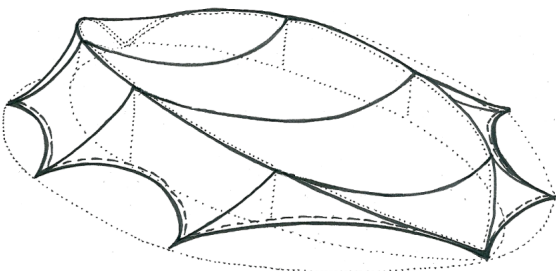
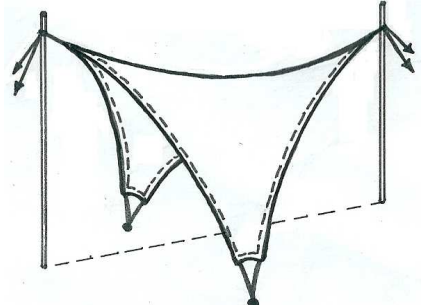
A membránszerkezetek három csoportját különböztetjük meg aszerint, hogy hogyan hozzuk létre a ponyvaszerkezetben működő húzóerő-rendszert.

Feszített ponyvaszerkezetek		
Légnyomásos szerkezetek	Egyrétegű sátrak	
	Légtömlők	
	Légpárnák	
	Tensairity szerkezetek	
Tartályok		

A feszített membránoknál az állékonyságot a peremek megfeszítésével létrehozott húzóerő-rendszer biztosítja. A dolgozatban kizárólag az ilyen típusú membránokkal kapcsolatos csomóponti kérdések kerülnek feldolgozásra. A légnyomásos membránok (légpárnák, légtömlők, légsátrak) ponyvái belső túlnyomással terheltek. Az ún. tensairity szerkezetek kötélnálóval erősített tömlők. A tartályok (folyadéktárolók, silók) a bennük tárolt töltőanyagok által veszik fel a kívánt alakot.

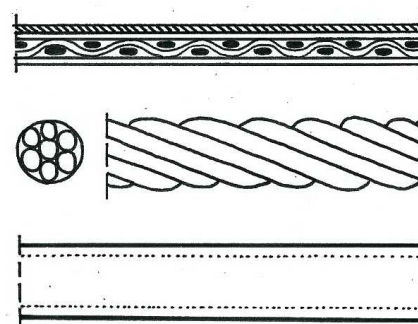
A következőkben tekintsük meg, milyen geometriai formák hozhatóak létre feszített ponyvaszerkezetekből – ezen keresztül nyilvánvalóvá válik, milyen sok lehetséges előfordulási helye van a később taglalt csomópontoknak. A membránok építészete is fejlődik, ezek az alakzatok éppen csak bepillantást engednek a szerkezet formakincsébe.

	Forgásszimmetrikus alakzatok belső, árbocos megtámasztással, merev peremrögzítéssel.
	Belső megtámasztású, forgásszimmetrikus alakzatok szintén polygonok fölé emelve, lágy peremrögzítéssel.
	Árbocokkal pontszerűen, többszörösen megtámasztott membrán, lágy külső peremekkel.
	Kívülről többszörösen függesztett membrán, a lefeszítéseknél merev és lágy külső peremekkel.
	Ívre feszülő, vonal menti, merev megtámasztás lágy peremekkel kombinálva.

	Kombinált geometria külső és belső, íves és nem íves, vonal menti merev megtámasztásokkal, rugalmas sarkokkal, illetve lágy peremekkel.
	Ellipszisre szerkesztett, merev külső peremmel és belső íves, vonal menti megtámasztással megfeszített geometria.
	Ellipszis fölé szerkesztett, lágy külső peremekkel, rugalmas külső sarokcsomópontokkal és belső íves, vonal menti megtámasztással megfeszített geometria.
	Ellipszis fölé szerkesztett, lágy külső peremekkel és dupla, belső, íves, vonal menti megtámasztással megfeszített geometria.
	Rugalmas sarkokkal megtámasztott hiperbolikus paraboloid.

III. Feszített szerkezetek főbb elemei

- Műszaki textília
- Kötél
- Heveder



Műszaki textíliák

A membránszerkezetek lényegét a műszaki textília adja – nagyon kis anyagfelhasználással nagy fesztávok hidalhatók át vele. A korszerű ponyvák nagy húzószilárdsággal, hosszú élettartammal és jó tűzállósággal rendelkeznek. Funkciójuk a szerkezetet érő külső terhek viselése, térelhatárolás, stb. A ponyva tartószerkezet és egyben héjalás.

Teherviselésre feszítéssel tesszük alkalmassá. Amennyiben akkora áthidalásról van szó, hogy a kifeszített ponyva nem képes a rá ható terheket és a benne ébredő erőket az anyag tönkremenetele nélkül viselni, kötelszerkezettel erősítjük meg – ilyenkor a ponyva elveszti elsődleges tartószerkezeti funkcióját, rendeltetése a külső térelhatárolás mellett a terhek továbbítása a kötélfőtartókra.

A műszaki textíliák két főbb típusa a következő:

- Szövet nélküli fóliák
- Bevonatolt szövetek

A szövet nélküli, homogén fóliák műanyag-származékok (PVC, ETFE). Jellemzően áttetszőek, nagy nyúlásokkal és a szöveteknél kisebb húzószilárdsággal rendelkeznek.

A bevonatolt szövetek leggyakoribb fajtája a PVC-bevonattal ellátott, poliészter szálal ponyva. 10-15 év élettartamú. A párhuzamosan kifeszített poliészter szálak közé (láncirány) merőlegesen újabb szálakat vezetnek (vetülékirány), ezek együtt adják a ponyva szilárdságát (III-1. ábra, bal oldal). A kész szövetet vízzáróság, légtömörség és a szálak védelme érdekében két oldalt PVC-bevonattal kenik - végül a ponyvát UV-álló lakkal kell bevonni. A ponyva húzószilárdsága nagyobb láncirányban, mivel a szálak ott nincsenek folytonosan megtörve. Az ún. panama típusú szövésnél vetülékirányban csak minden második láncirányú szálát szövik körbe, így a szál egyenesebb, ezáltal erősebb marad (III-1. ábra, jobb oldal), valamint a húzómerevsége is nagyobb.

Elterjedt még az OPAC-nevű műszaki textília, amely egyáltalán nem ereszt át fényt. Átlátszatlanságát a szövetre felvitt kétoldali fekete bevonat adja, melyre PVC-réteg, majd UV-lakk kerül.

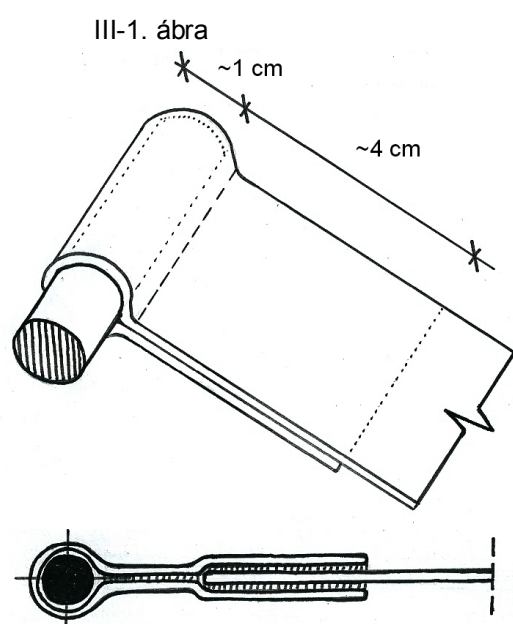
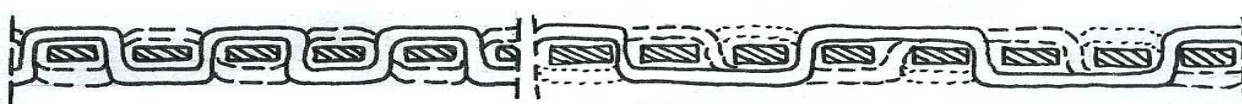
A textíliák kisebb elektromos töltésre tesznek szert a napon, így bizonyos mértékben szívják a port; időnként tisztításra szorulnak. Ez a fajta textília nem éghető, égésekor nem képződik gáz, nem csepeg – elpárolog.

A műszaki textíliák egy másik típusa a Teflonnal (PTFE) bevont, üvegszál szövetből készült ponyva. Szintén nem éghető, eső által is képes tisztulni, élettartama jelenlegi ismereteink szerint kb. 25 - 30 év. Az üvegszál szöveteknek nagyobb a szakítószilárdsága, és a rugalmassági modulusa is, mint a poliészter szál szöveteké.

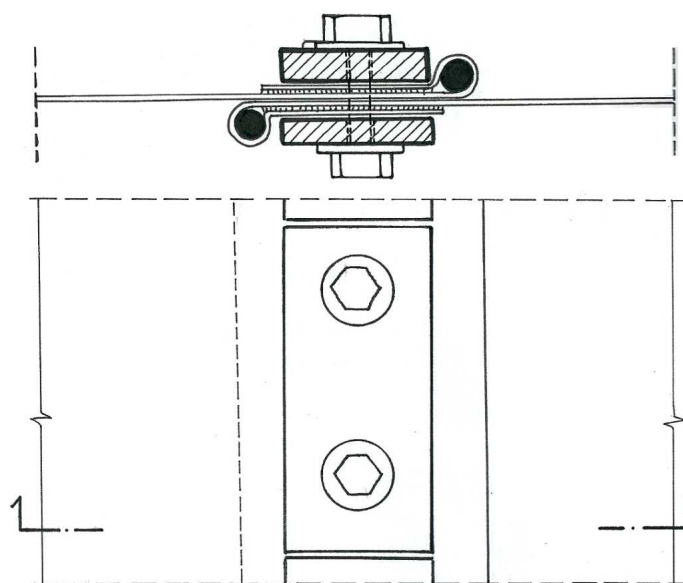
Fontos, hogy a ponyvák a kötél szerkezeteknél jóval nagyobb mértékű, mintegy 20-szoros megnyúlásra képesek.

A ponyvák lezárásait és rögzítéseit gyakran ún. kéderrel valósítják meg. A kéder egy kis, kb. 1 cm átmérőjű műanyag (ritkán fém) kötél (III-2. ábra, fent), melyet a ponyva körbeborít, (ill. egyéb módon is lehet kapcsolni a ponyvához, III. -2. ábra, lent) – így a rögzítő szerkezeteknek egy hosszanti felület áll rendelkezésére a ponyva megfogásához (III-3. ábra).

A jellegzetes, kéderes csomópontokat és a műszaki textíliák toldásait a merev peremekről szóló fejezetben mutatjuk be, jelen dolgozatnak ez csak olyan mértékben képezi tárgyát, hogy a kéderrel kialakított sarokcsomópontok érthetőek legyenek.



III-2. ábra



III-3. ábra

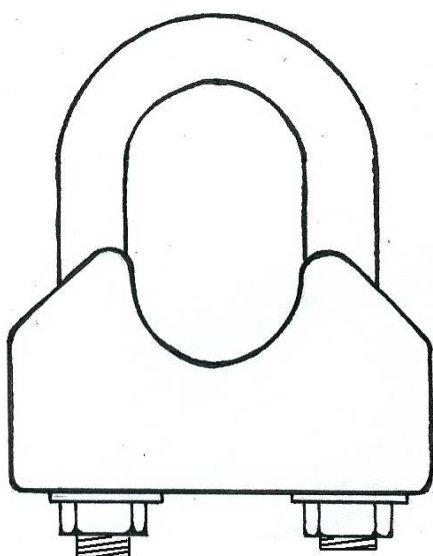
Kötelek

A membránszerkezetek leggyakoribb lineáris teherbíró elemei a kötelek. Ezek vékony fémszálakból készített sodronykötelek. Alapvető terhelésük a tengelyirányú húzás. A kazánképlet értelmében a kötél tengelyére merőleges erők húzóerőként felvehetők a kötél két végén, ha a kötél íves. A beépítés előtti feszítés növeli a rugalmassági modulust (E), mivel a szálak összerendeződnek. Elkészítésükkor a köteleket megfeszítve vágják; a szabad végződéseket még a gyári előállítás során összepréselik, hasonlóan a műanyag kötelek végződéseinek megperzseléséhez. A köteleket statikus és dinamikus terhek felvételére egyaránt használják – a statikus kötelek csaknem 2000 N/mm^2 feszültségig felterhelhetők. A rozsdamentes acélból készülő sodronykötelek kb. 1000 N/mm^2 szilárdságúak. Készülnek nagy teherbírású kötelek műanyagból is, (ezek teherbírása kisebb, mint a rozsdamentes acél sodronyköteleké). Ideiglenes szerkezeti elemként természetes anyagú kenderkötelek is megjelennek ponyvaszerkezeteken, ezek kisebb húzószilárdsággal rendelkeznek.

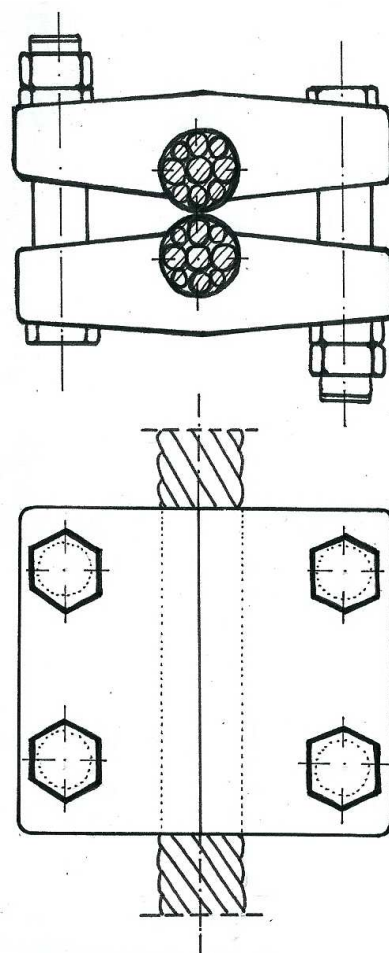
A rozsdamentes acél sodronykötelek esetében a szálak kötegekké állnak össze, melyek folyamatosan egymásra csavarodó fektetésével állnak össze a sodronykötelek. Előfordulnak olyan kötelek, ahol a kötegeket gyárilag összenyomják, így nagyobb terhelhetőség érhető el kisebb keresztmetszettel. Érdekesség, hogy a sodronykötelekben a kötegek egymásra csavarása miatt az előállítás után rugalmas erő marad, valamint tengelyirányú tehernél torzió által ki akarnak csavarodni. Ezt a magfonál (belső kötegek) és a külső kötegek ellentétes értelmű egymásra csavarásával küszöbölhetjük ki – így a fixálatlan végződés sem fog elforogni.

Ami a drótkötelek hosszitoldását illeti, a futó köteleket önmagukba történő fűzéssel „végteleníthetjük”; vastagabb köteleknél ezt géppel készítik. Statikus köteleknél (leginkább ideiglenesen) szorítóbilincsekkel tudunk toldani (III - 4-5. ábra). Az asszimetrikus szorítóbilincs (III-4. ábra) egy nyeregből és egy félköríves csavarból áll; a nyereg belső oldala rovátkolt, így növeli a súrlódási erőt – a rovátkolt oldalt emiatt mindig a nagyobb húzóerővel megterhelt kötél felé kell fordítani (III-6. ábra) – avagy „döglött lóra nem rakunk nyeret”. Mikor két kötelet ilyen módon egymáshoz rögzítünk, majd felterhelünk, a kötelek átmérője a nyúlás folytán kis mértékben csökken – a bilincseket szükséges utólag meghúzni. Nagy erőknél speciális szerelvényekkel tudunk toldani (III-7. ábra).

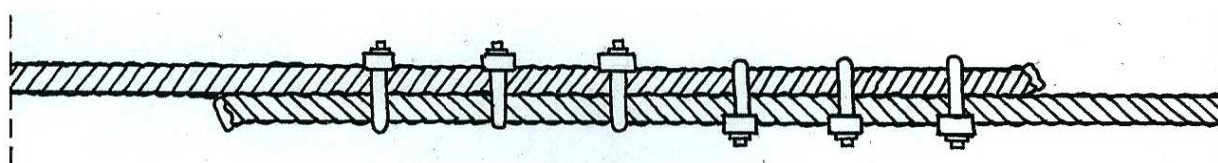
Drótkötelek végkapcsolatait sokféleképp megoldhatjuk. A kötelek visszahajthatóak, ilyenkor egy fém hüvelyt préselnek rájuk. (A kötel védelme érdekében a visszahajlítás belső oldalán gyakran kötélcsívet helyeznek el.) Nagy erővel történő préseléskor a kötel részben megolvad - nem teljes értékű, de a súrlódási erőnél nagyobb erőt felvenni képes fémes kötés jön létre. További végkialakítások készíthetők el úgy, hogy a kötelet egy foglalatba szorítjuk vagy préseljük, esetleg fémöntvény-kitöltéssel rögzítjük (III - 8. ábra).



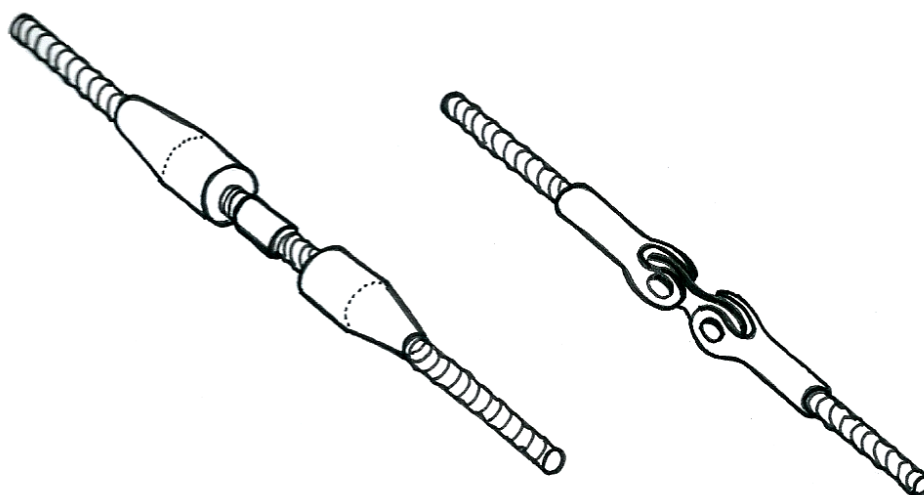
III-4. ábra



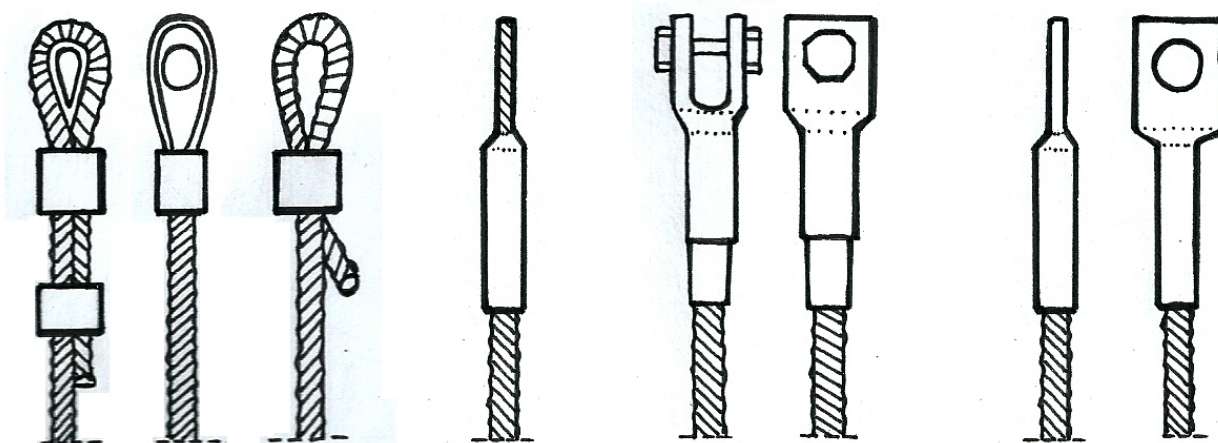
III-5. ábra



III-6. ábra



III-7. ábra

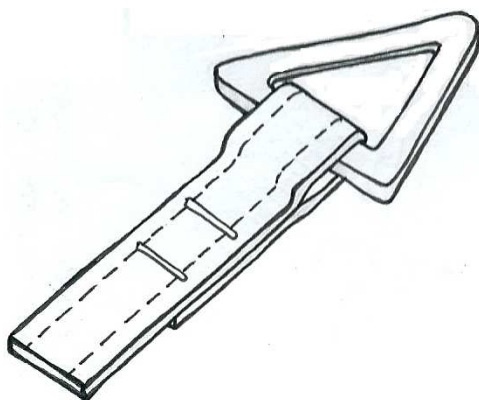


III-8. ábra

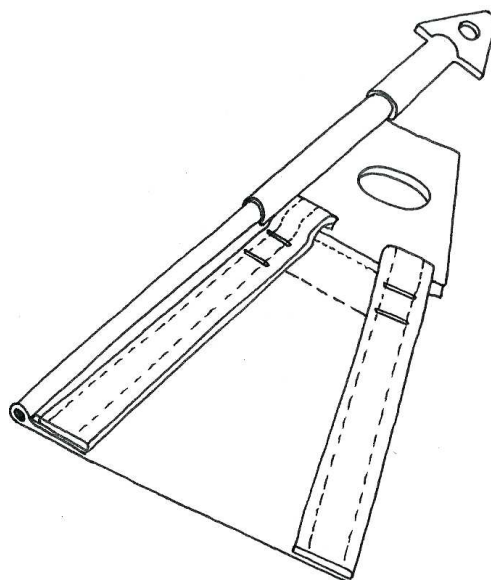
Hevederek

A hevedereket a membránok teherbíró felületeinek peremmel párhuzamos megerősítésére használjuk. Bizonyos mértékben kiküszöbölhetőek velük a peremek mentén kialakuló ráncosodások, valamint alkalmasak feszített sarokcsomópontok kiegyensúlyozatlan erőinek megtámasztó szerkezetekre történő továbbítására (lásd később). A hevedereket előre kell nyújtani, mert a membránok anyagától eltérő rugalmassági modulussal rendelkeznek. Építés közben ideiglenesen, illetve könnyebb szerkezeteknél primer szerkezetek kötéseinek stabilizálásához hosszabb távon is alkalmazhatóak. Poliamidból, illetve poliészterből készíthetőek, utóbbinak jobbak a szakadási és nyúlási tulajdonságai. A heveder megfelelő bevonattal tűz-, víz- és gombaállóvá tehető, párától védendő. UV-sugárzásnak a poliésztert nem szabad kitenni, ezért a hevedert a ponyva belső oldalán helyezzük el, vagy egy ponyvadarabbal

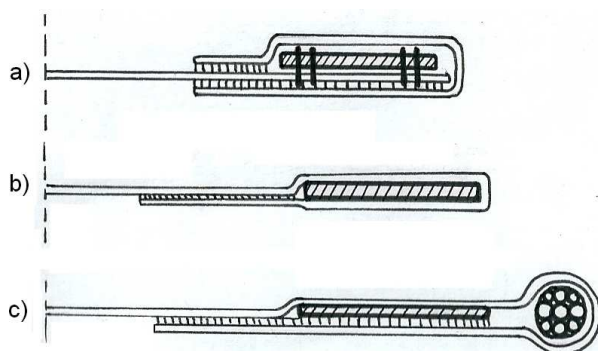
fedjük le. A hevedert a membránhoz varrják, ragasztják vagy hegesztik. A III-9. ábrán egy heveder végkapcsolatát láthatjuk, a III-10. ábrán pedig megfigyelhető, ahogy egy membrán sarokcsomópontjának megerősítéséhez szintén hevedert használnak. A III – 11-12. ábrákon további peremmel párhuzamos megerősítések láthatóak.



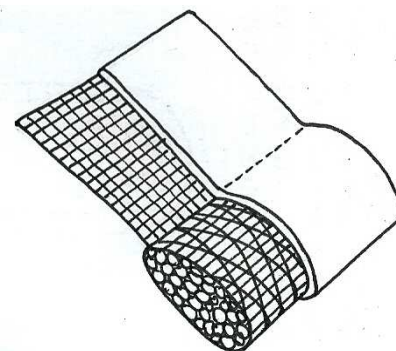
III-9. ábra



III-10. ábra



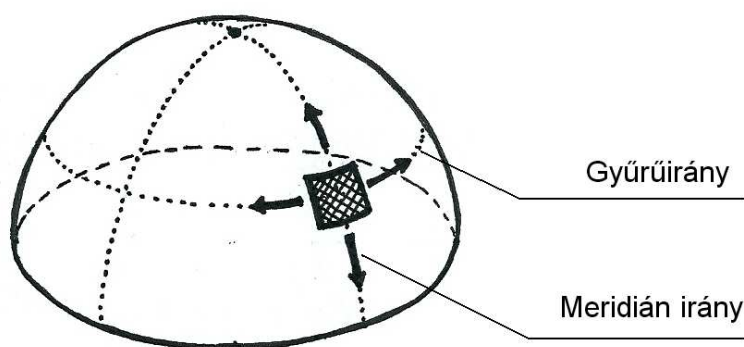
III-11. ábra



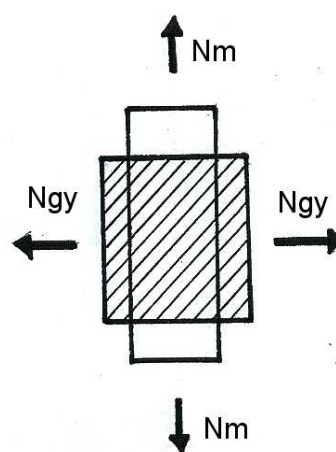
III-12. ábra

IV. Feszített szerkezetek működésének erőtani háttere

A membránszerkezetek erőtani működésének legalapvetőbb összefüggését a IV-1. ábrán figyelhetjük meg. Itt egy belső légnyomással megfeszített membránt láthatunk, ezen keresztül jutunk el a feszített szerkezetekig. A félgömb alakjára felfújott ponyvában két jellegzetes feszültségi irányt különböztetünk meg: a *meridián irányt* és a *gyűrűirányt*. A meridiánok irányában ható húzófeszültség könnyen elképzelhető, hisz ez az a feszültségi rendszer, amelynek eredője a ponyva alsó peremén körkörösén lenn tartja a membránt, nem engedi felemelkedni. A gyűrűirányban ható feszültségek létrejöttének oka esetleg kevésbé egyértelmű – a IV-2. ábrán figyelhető meg, hogy a gyűrűirányú feszültségek hivatottak a ponyva meridián irányban való megnyúlását megakadályozni, tehát elengedhetetlenek a felület egyensúlyához. A meridián irányú feszültségek eredőjét egy adott felületdarabon N_m -mel jelöljük, erre merőleges értelemben N_{gy} jelöli a gyűrű irányú feszültségek eredőjét (metszeterők).



IV-1. ábra



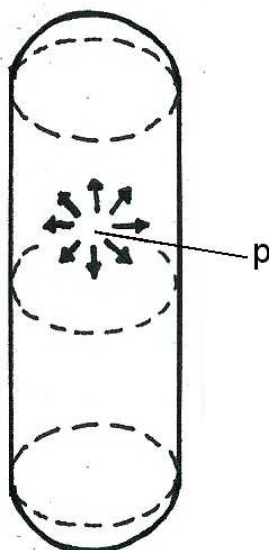
IV-2. ábra

Mariotte kazánképletére vezethető vissza, miért tudjuk a membrán térben megoszló terheit húzófeszültségekkel egyensúlyozni. Adott egy üreges, félgömbökkel záruló, körhenger alakú test, amelyet p belső túlnyomás terhel (IV-3. ábra). Vágjuk szét gondolatban a test hengeres részét két párhuzamos, szemközti alkotó mentén (IV-4. ábra). A belső felületet egy téglalappal helyettesíthetjük, így a fél hengert terhelő belső nyomás: $2Rp$, ahol R a belső sugár, a pedig a szakasz hossza. Ezzel a nyomással a $2ta$ területen megoszló feszültségek eredője kell, hogy egyensúlyt tartson (N_{gy}). Egységnyi szakaszon ezt a IV-5. ábra is szemlélteti. Az egyenlőség a gyűrűfeszültségre rendezve:

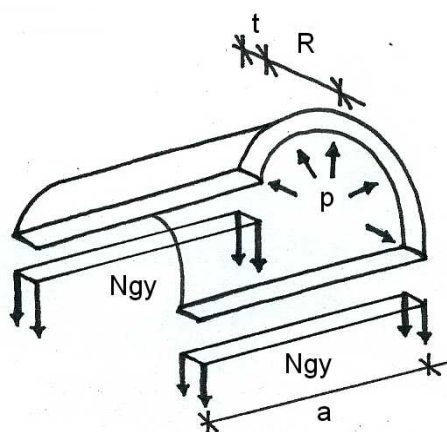
$$\sigma_{gy} = \frac{pR}{t}$$

Az alkotó irányú (meridián irányú) feszültségek levezetése ezzel analóg (IV-6. ábra): körlappal helyettesítjük a hengert lezáró félgömböt, az ezt terhelő $pR^2\pi$ nyomást a hengerfal felületén ($\pi 2Rt$) megoszló s_m feszültségek N_m eredője egyensúlyozza.

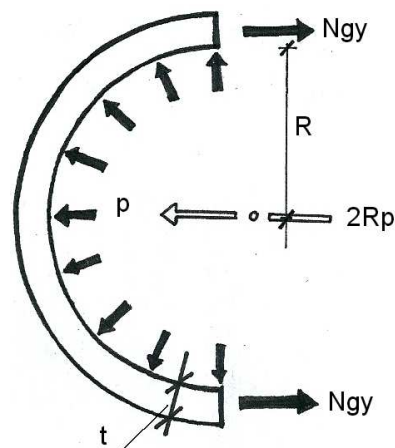
$$\sigma_m = \frac{pR}{2t}$$



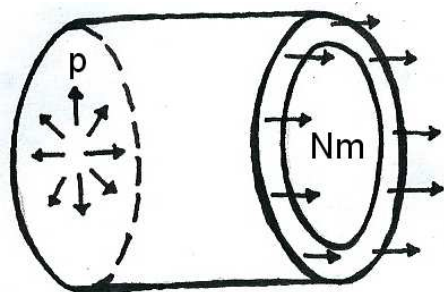
IV-3. ábra



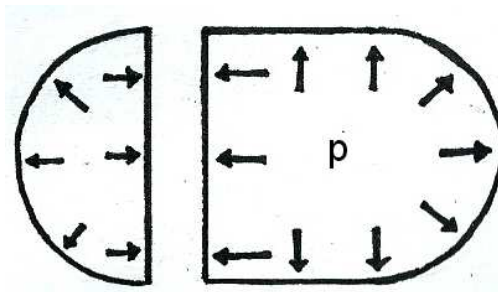
IV-4. ábra



IV-5. ábra



IV-6. ábra



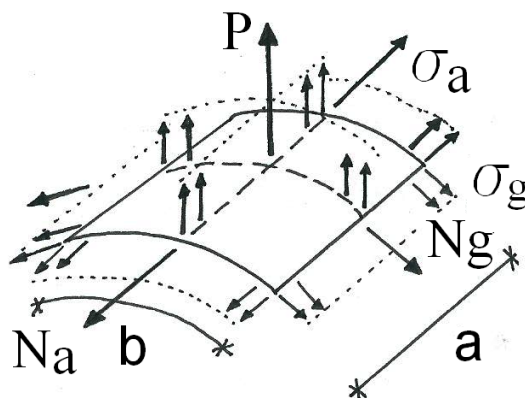
IV-7. ábra

(A IV-7. ábrán látjuk, hogy az aszimmetrikus kazánok lezáró felületei is egyensúlyt tartanak egymással - ez az ábra magyarázza, miért tudjuk a gyűrűfeszültségek eredőjének számításakor a félhenger belső felületét téglalappal, a meridián irányú feszültségeknél a félgömböt pedig körlappal helyettesíteni.)

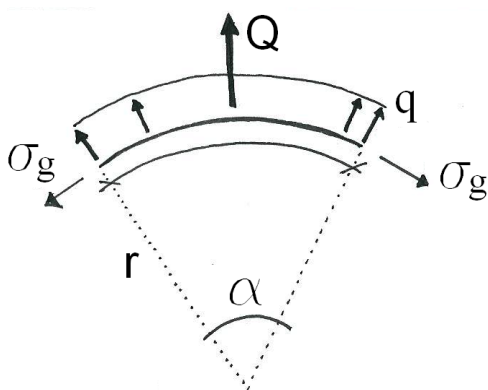
Mariotte kazánképlete jóval általánosabb, térbeli esetekre is érvényes. Nézzük meg ennek levezetéséhez a IV – 8. ábrát. A körhenger alakú, r sugarú, q belső nyomással terhelt kazán falából a hosszon egy b ívhosszú darab van kiszelve. A q nyomás eredője az egész felületen összesen a P eredő erővel egyenlő ($a \cdot b \cdot q = P$). A b ívhosszon megoszló, s_a alkotó irányú feszültségek eredője N_a , és ezek a két párhuzamos

metszeten egyensúlyt tartanak egymással. A vízszintes erők vetületi egyensúlya alkotó irányban teljesül.

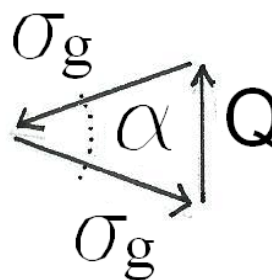
A IV-9. ábrán látható a felület egy ívekkel párhuzamos, egységnyi hosszú metszete. Ezt az íves falszakaszt szintén a q nyomás terheli, eredője ezen az egységnyi hosszön Q . A függőleges egyensúlyhoz ezt a Q erőt kell egyensúlyozni a fal két végén leadódó s_g erőknek, melyek tulajdonképpen a gyűrű irányú feszültségek – ahogy korábban láthattuk, ez elképzelhető egy kötélnek megfelelően, ahol a kötélre merőleges erők a kötélt két végén húzóerő formájában adódnak le. $Q = q \cdot b$, ahol $b = r \cdot \alpha$, ami az ívhossz kifejezése. A IV-10. ábrán látszik, hogy a Q erőt az s_g erőknek egyensúlyoznia kell a függőleges egyensúly kialakulásához. Trigonometrikusan könnyen levezethető, hogy $Q = 2 \cdot \sigma_g \cdot (\sin(\alpha/2))$, amibe a fenti egyenleteket illesztve megkapjuk, hogy $r \cdot q = \frac{2 \cdot \sigma_g \cdot (\sin(\alpha/2))}{\alpha}$ teljesül. Ha ez a felületdarab végtelenül kicsi, akkor α is kicsi, tehát $\sin(\alpha) \approx \alpha$, ami $\alpha/2$ -re is igaz. Leegyszerűsítve az egyenlőséget, megkapjuk a $q = \frac{\sigma_g}{r}$ egyenletet, ami a függőleges erők egyensúlyát adja: az r sugarú hengeren a σ_g gyűrűfeszültségek egyensúlyt tartanak a q belső nyomással. (A gyűrűfeszültségek eredője a hosszön N_g eredő erő.)



IV-8. ábra



IV-9. ábra



IV-10. ábra

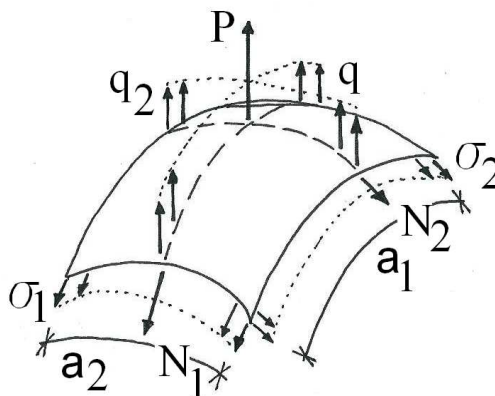
Ugyanígy módon levezethetjük a metszeterőket kétszer görbült felületekre is. Két különböző, R_1 és R_2 sugáron a q_1 és q_2 terhek működnek, a belső nyomás mindenütt $q = q_1 + q_2$. A kétirányú metszeteken a terhek eredői Q_1 és Q_2 - a_1 és a_2 szakaszokon az s_1 és s_2 feszültségek N_1 és N_2 eredő metszeterőkké állnak össze, ezek tartanak egyensúlyt a P eredő erővel. A metszeteken az előzőekben alkalmazott erőháromszög-módszer itt is működik, ebből $N_2 = \sigma_2 \cdot a_1$, valamint $N_1 = \sigma_1 \cdot a_2$ eredők jönnek ki. A végső egyensúly az előzőekhez hasonlóan:

$$P = \frac{N_1}{R_1} + \frac{N_2}{R_2},$$

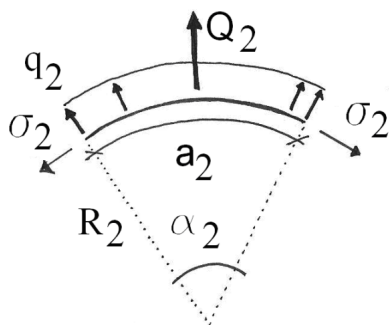
amely képlet a membránerők egyensúlyát fejezi ki, azaz, hogy a belső nyomással a felület egy végtelenül kicsi darabjában mindkét irányban ható feszültségek tartanak egyensúlyt.

Ha a belső nyomást külső nyomásnak tekintjük, és az ábrát úgymond kifordítjuk, akkor máris eljutottunk a feszített szerkezetek erőtani viselkedéséhez: a külső terhekkel (pl. szélteher) szemben belső feszültségek hatnak.

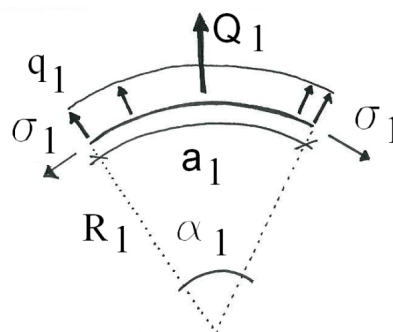
Lényeges még, hogy a feszített szerkezeteknél az is cél, hogy a külső terhek változásaitól függetlenül a szerkezetet megtartsa a kívánt alakot. A fenti a levezetésekben a geometriát a terhek határozták meg, feszítésnél a cél a terhektől független alaktartás, illetve az, hogy a terhek az alakot csak nagyon kis, elhanyagolható mértékben módosítsák.



IV-11. ábra



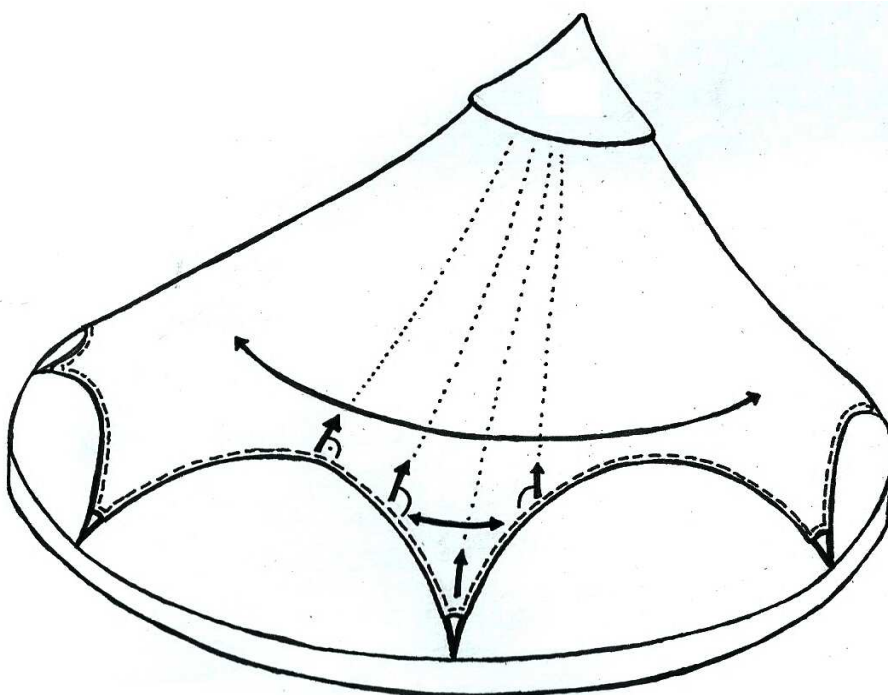
IV-12. ábra



IV-13. ábra

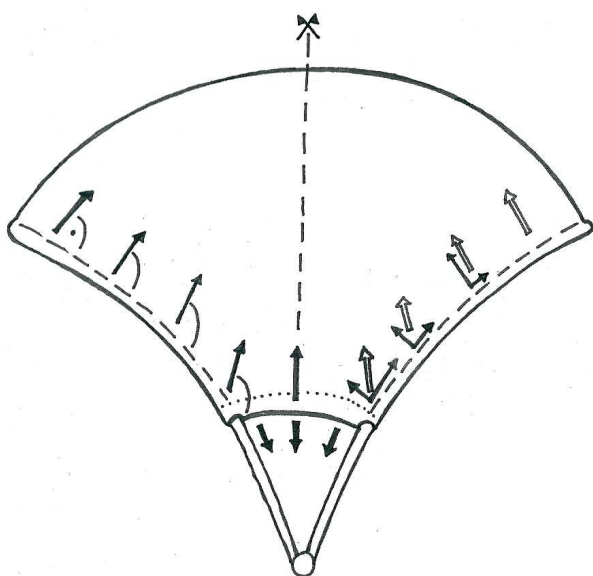
A membránszerkezetek alakjának és működésének meghatározásakor két követelményt kell kielégíteni: az egyik, hogy a ponyvaanyagban terjedő húzófeszültségek a felület egyik pontjában se lépják át a megengedett szilárdság értékét, tehát ne szakadjon el az anyag – a ponyva megvastagításával persze ez könnyebben teljesíthető, de fontos a ponyva helyes megfeszítése is. A másik követelmény, hogy a felület semelyik részén se ébredjenek nyomófeszültségek, mert az anyag ezt nem tudja felvenni, ráncosodni fog, gyűrődések alakulnak ki – a ponyva megvastagítása ezen nem segít, itt a szerkezet alakjára vezethető vissza a probléma. A dolgozat törzsanyagát képező fejezetekben arról lesz szó, hogy a különböző sarok- és peremcsomópontok hogyan képesek egyszerre eleget tenni ennek a két követelménynek.

Bevezetésképpen tekintsük meg a IV-14. ábrát. Korábban (IV-2. ábra) értelmeztük a meridián és gyűrűirányú feszültségeket, ill. ezek eredőit egy félgömb alakú légtartós membránon, amely szerkezeten az volt az egyszerűsítés, hogy a meridián erők merőlegesen érkeztek meg a lefeszítő peremre – feszített membránokra (főként a sarokcsomópontokban) ez nem kifejezetten jellemző, illetve maga a félgömb alakú forma sem. A IV-14. ábrán látható, ahogy a meridián erő a sarokhoz közeledve elkezd a kötéllel szöget bezárni. *Egy sarokcsomópont problematikája összegezve tehát az, hogy milyen szerkezettel, hogyan vesszük fel a kiegyensúlyozatlan erőket; hogyan küszöböljük ki az építési hibák és alakváltozások következtében létrejövő méretpontatlanságokat – végül pedig hogyan kerüljük el az anyag ráncosodását, ill. tönkremenetelét.*

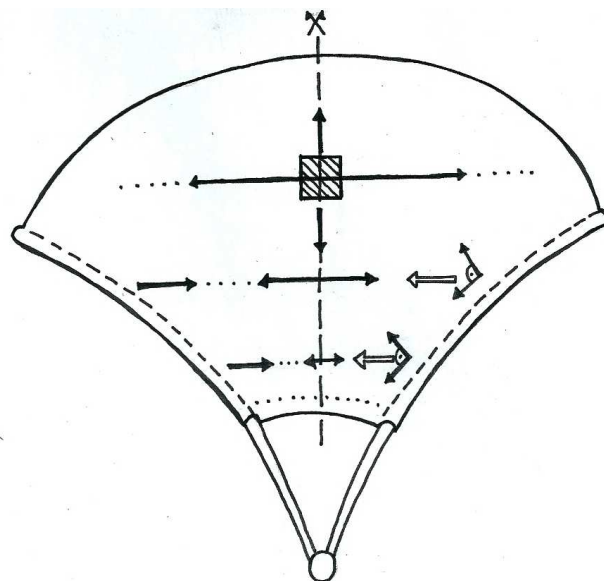


IV-14. ábra

Az előző állítás részletezése végett tekintsünk meg egy egyszerűsített sarokcsomópontot, és bontsuk szét a rá ható feszültségi rendszert. A meridián irányú erők, mint már említettük, a derékszögtől a tompaszögig nyíló (vagy ha úgy tetszik, hegyesszögig záródó) szöget kezdenek bezárni a peremkötéllal (az ábrán az árboc felé való befelé hajlása a nyilakkal ábrázolt erőknek relatíve túlzás, szemléltetés végett került így ábrázolásra) – bontsuk szét ezeket az erőket a kötéltengelyével párhuzamos, és arra merőleges erőkre (IV-15. ábra, jobb oldal).

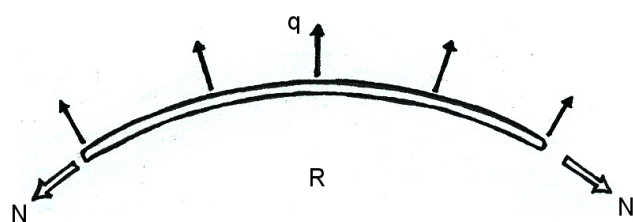


IV-15. ábra

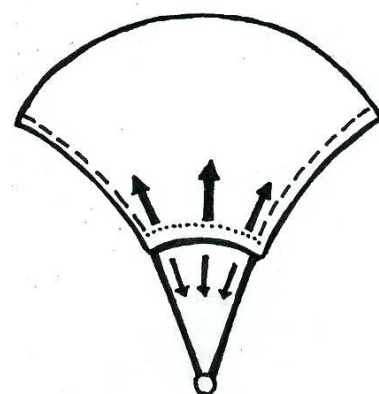


IV-16. ábra

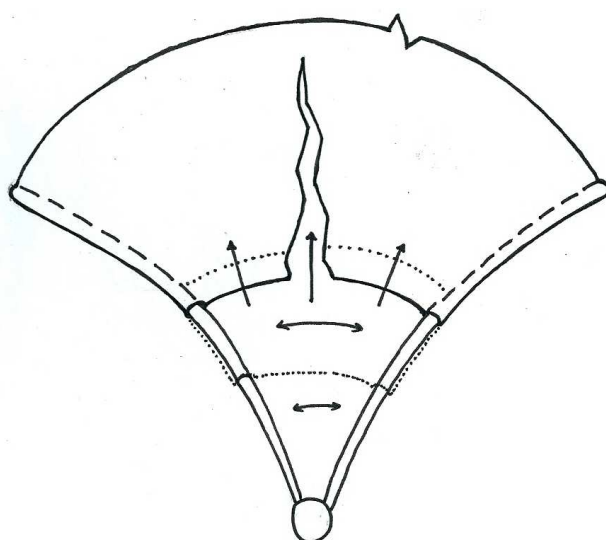
A kötéltengelyére merőlegesen ható erőkomponenseket az $N=q/R$ képlet értelmében a kötélt két végén tengelyirányú húzóerővel ki tudjuk egyensúlyozni (q a megoszló teher, R a görbületi sugár, N pedig a húzóerő – IV-17. ábra). A tengellyel párhuzamos erőkomponensek viszont bizonyos mértékű súrlódási erőktől eltekintve kiegyensúlyozatlanok maradnak. Ha megfelelő szerkezettel nem vesszük fel őket, akkor ezek az erők felfelé akarják majd húzni a ponyvát, el akarják a saroktól távolítani (IV-18. ábra). A felfelé húzódó ponyva ennek következtében az alapvetően kis, saroknyi méretűre szabott felületénél nagy keresztirányú megnyúlásra kényszerül, majd elszakad (IV-19. ábra). Ha viszont a ponyvát túl közel húzzuk a sarokhoz, úgy meridián irányban, „függőlegesen” igen nagy felületen tud eloszlani a tervezetthez képest kis megnyúláseltérés, ez utóbbi tehát nem mértékadó probléma.



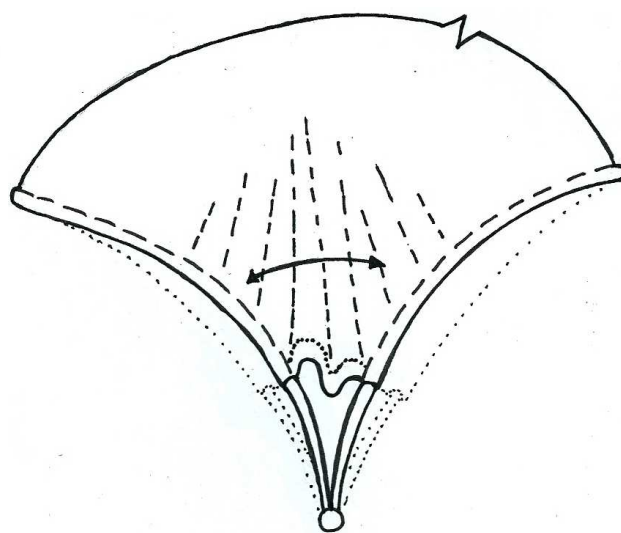
IV-17. ábra



IV-18. ábra



IV-19. ábra



IV-20. ábra

A IV-16. ábrán a sarokra ható feszültségi rendszer másik része van ábrázolva: a gyűrűfeszültségek. A gyűrűirányú feszültségek a ponyva minden elemi felületdarabkáján egyensúlyt tartanak a meridián irányú feszültségek széthúzó erejével szemben. Amikor ezek „körbe tudnak érni” a membránon, akkor a szomszédos elemi felületdarabkák gyűrűfeszültségei egymással tartanak (vetületi) egyensúlyt. Ahogy a IV-16. ábrán láthatjuk, a sarkoknál ez a folytonosság megszakad, a gyűrűerők a peremkötéssel kell, hogy egyensúlyt tartsanak (IV-20. ábra). A gyűrűerők tengelyre merőleges komponensei a már említett módon (IV-17. ábra), húzóerővel felvehetők a kötél két végén, a tengellyel párhuzamos erőkomponensek pedig, amelyek a ponyvát a saroktól el, ill. a sarok felé húzzák, tulajdonképpen egyszerre kerülnek felvételre a meridián erők már említett, tengellyel párhuzamos erőkomponenseivel (IV-18. ábra).

A peremkötelek által bezárt szög, amely ebben az egész kérdéskörben még mérvadó. Ha a kötel által bezárt szög kontra ponyvaanyag szöge nagyobb, újfent hosszirányú hasadás (IV-19. ábra) megy végbe *anélkül, hogy a ponyva felhúzódna*. Túl kicsire beállított kötél szög esetén gyűrűirányban anyagfelesleg mutatkozik, meridián irányú ráncosodás, gyűrődés jön létre (IV-20. ábra). Szerencsére a kötél szög rosszul történő beállítása már az építkezés korai szakaszában könnyen észrevehetővé válik.

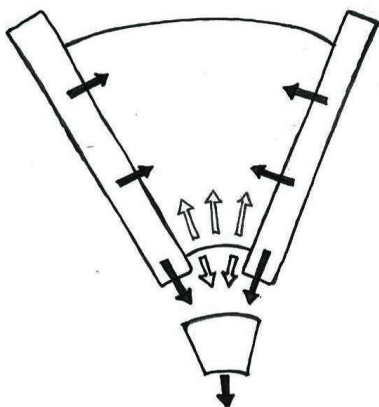
Összességében azt mondhatjuk, hogy egy sarokcsomópont működése során egyszerre van jelen az összes kiegyensúlyozandó meridián és gyűrű irányú erő, a csomópont beállításánál pedig ezeket egyszerre kezeljük. A lefeszítő szerkezetnek tehát lehetőséget kell adnia arra, hogy a ponyvát megfelelő mértékben távolíthassuk, ill. közelíthessük a csomóponthoz, valamint bizonyos mértékű forgómozgást meg kell, hogy engedjen a köteleknek.

További fontos tényezője ezeknek a sarokcsomópontoknak, hogy mekkora mozgást tudnak a hátszerkezethez képest végezni. Lehet, hogy a csomópont beállítása jó, de a ponyva nem elég feszes – ilyenkor az egész csomópontot kell elmozdítani (majd újrangolni), ennek megvalósítási módja függhet a hátszerkezettől, annak szabadsági fokától, illetve a hátszerkezet és a csomópont kapcsolatától.

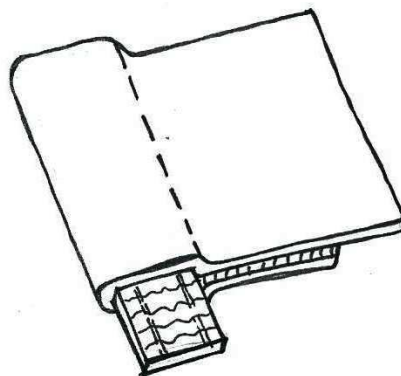


V. Fejezet – Egyszerű kapcsolatok

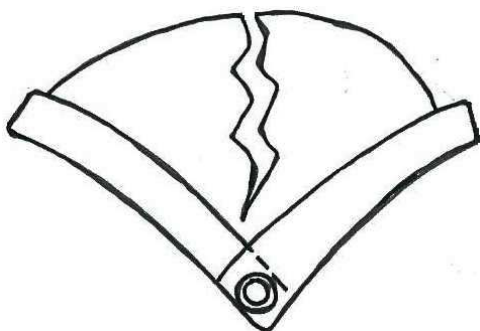
Ebben a fejezetben a legegyszerűbb kialakításokról lesz szó. Összességében jellemző rájuk, hogy a kialakításnál egyik elsődleges szempont a gazdaságosság. Ezek a megoldások kisméretű szerkezeteknél fordulnak elő, olyanoknál, amelyeknél nem hatnak nagy erők. Ilyen kialakításokat használunk például árnyékolóknál, teraszok lefedéseképp, stb. Ezeknél a megoldásoknál előfordul, hogy nem peremkötél, hanem kizárólag heveder közvetíti az erőket a hátszerkezetre (V-1. ábra). A heveder (V-2. ábra) lehet folytonos, vagy rá lehet futtatva egy kisebb, többnyire fém feszítőszerkezetre. Az erősítő heveder veszi fel a kötélre merőleges és kötéllal párhuzamos erőket. A heveder a ponyvával össze van hegesztve, varrva vagy ragasztva, ilyen módon a ponyva nem tud felcsúszni a hevederen. Mivel ezek az erők nem állíthatóak, könnyen jönnek létre ráncosodások - ez ezeknek a megoldásoknak a hátránya (V-4. ábra). A kis szerkezeti méret miatt a gyűrődéseket csak a lehorgonyzó szerkezet állításával lehet küszöbölni.



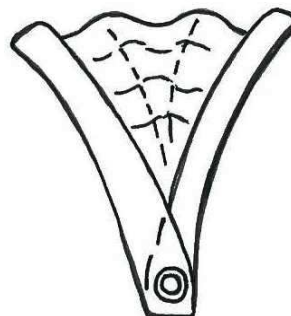
V-1. ábra



V-2. ábra



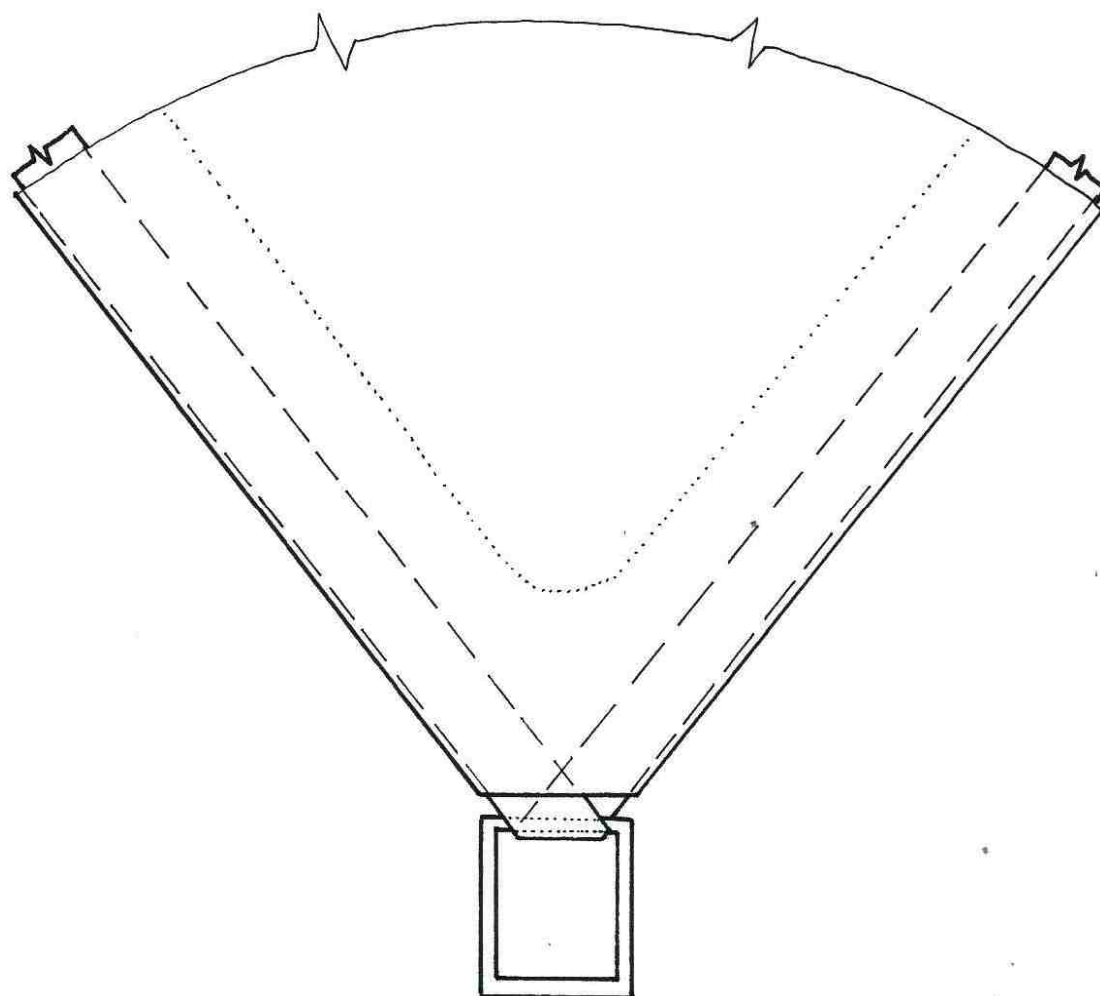
V-3. ábra



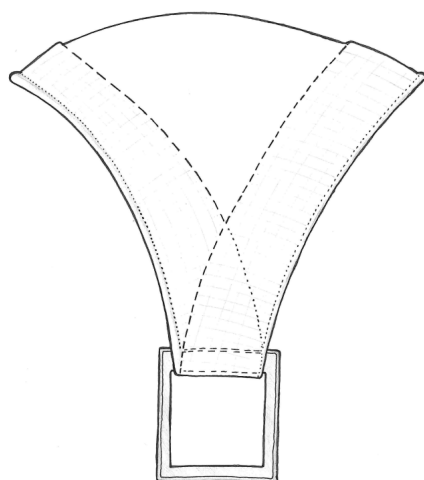
V-4. ábra

Egyszerű kialakítások – 1. megoldás

Ez a lehető legegyszerűbb kialakítás: a heveder egy fém feszítőelemre fut rá, amely tetszőleges (gyűrű, téglalap, háromszög, stb.) alakú lehet – ezt aztán tetszőleges hátszerkezetre akaszthatjuk. A membránban ébredő gyűrűfeszültségek könnyen összeránthatják a ponyvát, ha a hevederek nincsenek kellőképpen megfeszítve. (V-4. ábra)



V-5. ábra



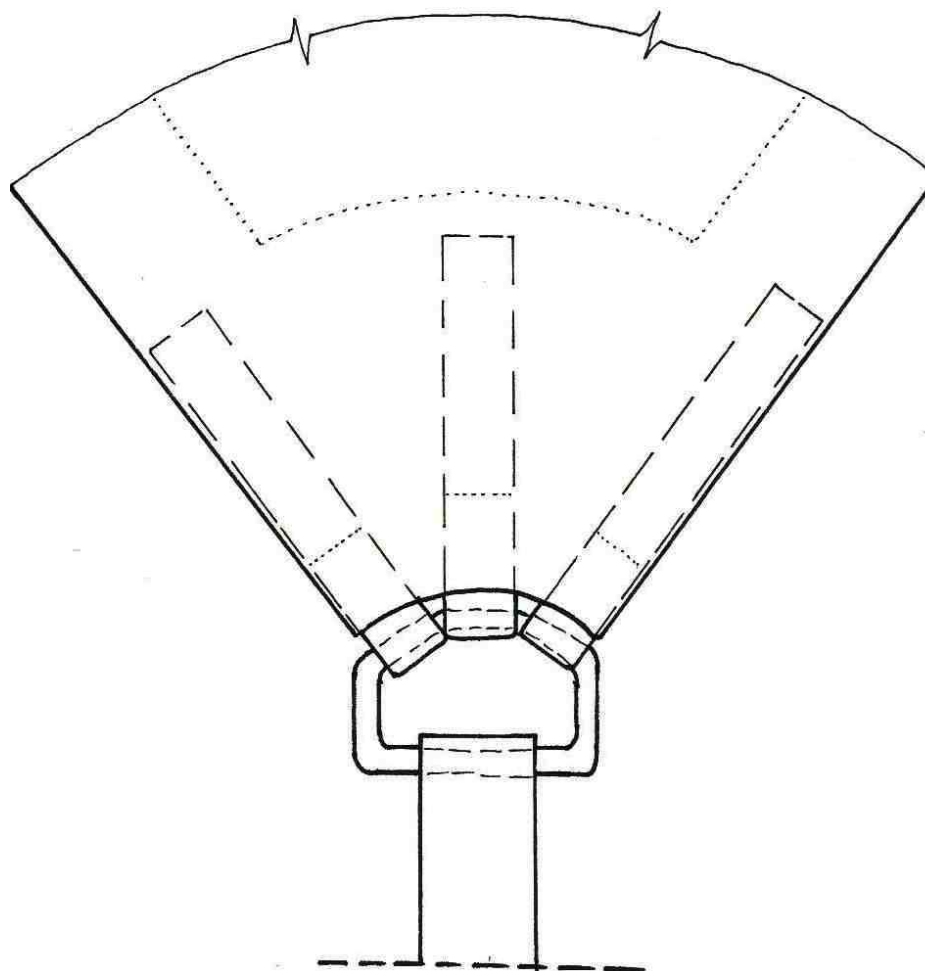
V-6. ábra



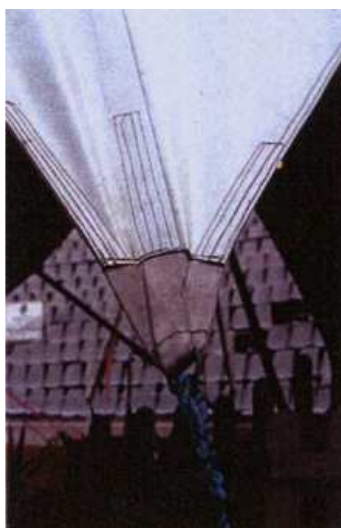
V-7. ábra

Egyszerű kialakítások – 2. megoldás

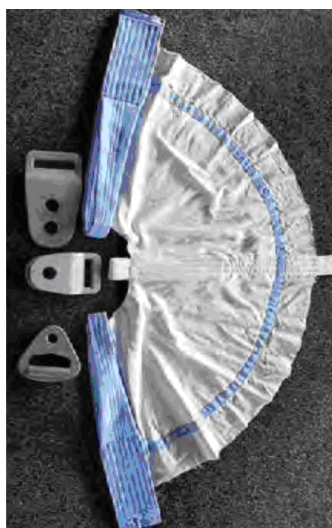
Ez a megoldás gyakorlatilag azonos az előzővel. Itt három heveder is kapcsolódik a sokszög alakú feszítőelemre. Az V – 8. és 9. ábrákon megfigyelhető, hogy a ponyva csak a sarok közelében van hevederekkel megerősítve. A V – 11. képen látható kialakítás igényesebb: itt a heveder folytonos a ponyva széle mentén – látszik, hogy a csomópont feszebb is, nem csak esztétikusabb.



V-8. ábra



V-9. ábra



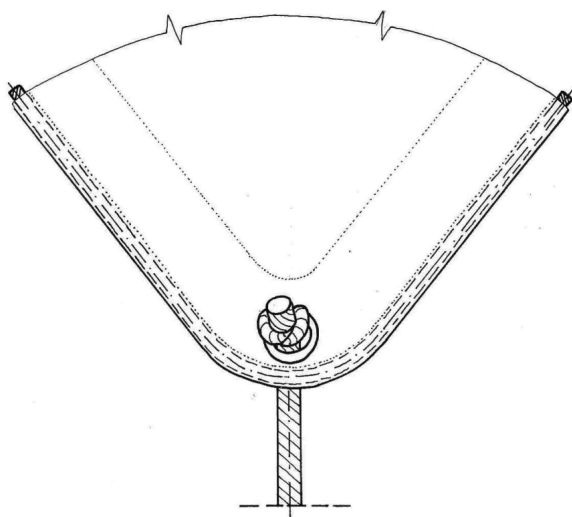
V-10. ábra



V-11. ábra

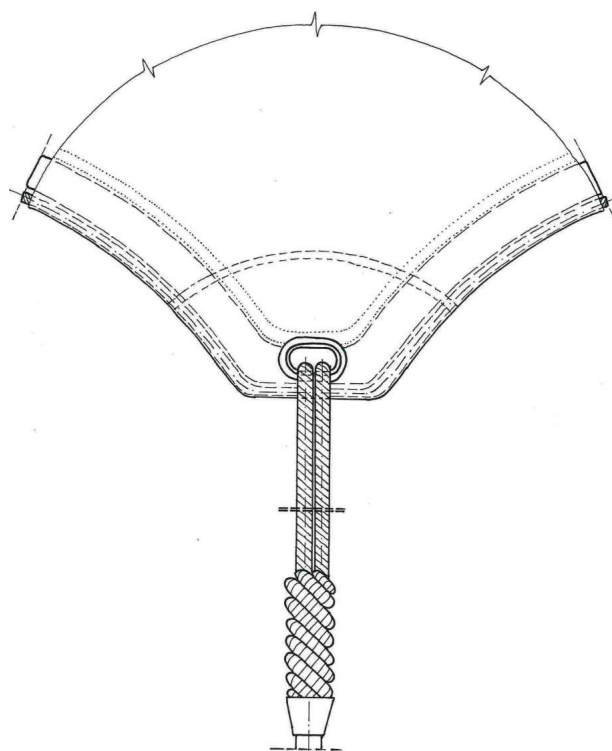
Egyszerű kialakítások – 3-4. megoldás

Kerti árnyékoló ponyvákon gyakran láthatunk ilyen kialakítást. A peremkötél körbeborító membrán egyszerűen át van lyukasztva, és egy fém gyűrű van rácsíptetve. Ebbe a gyűrűbe teherközvetítő (műanyag) kötelet akasztunk.

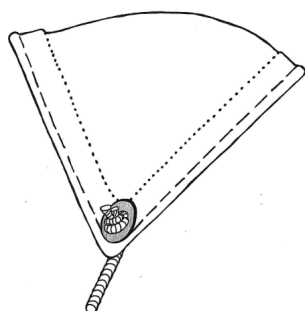


V-12. ábra

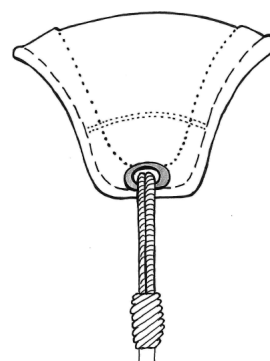
Az előzőhöz képest annyi a különbség, hogy a peremkötél mellett erősítő heveder fut, és most a heveder is át van lyukasztva. A beakasztott kötélt kétszeresen át van hurkolva a lyukon, és egy további teherközvetítő szerkezethez kapcsolódik.



V-13. ábra



V-14. ábra



V-15. ábra



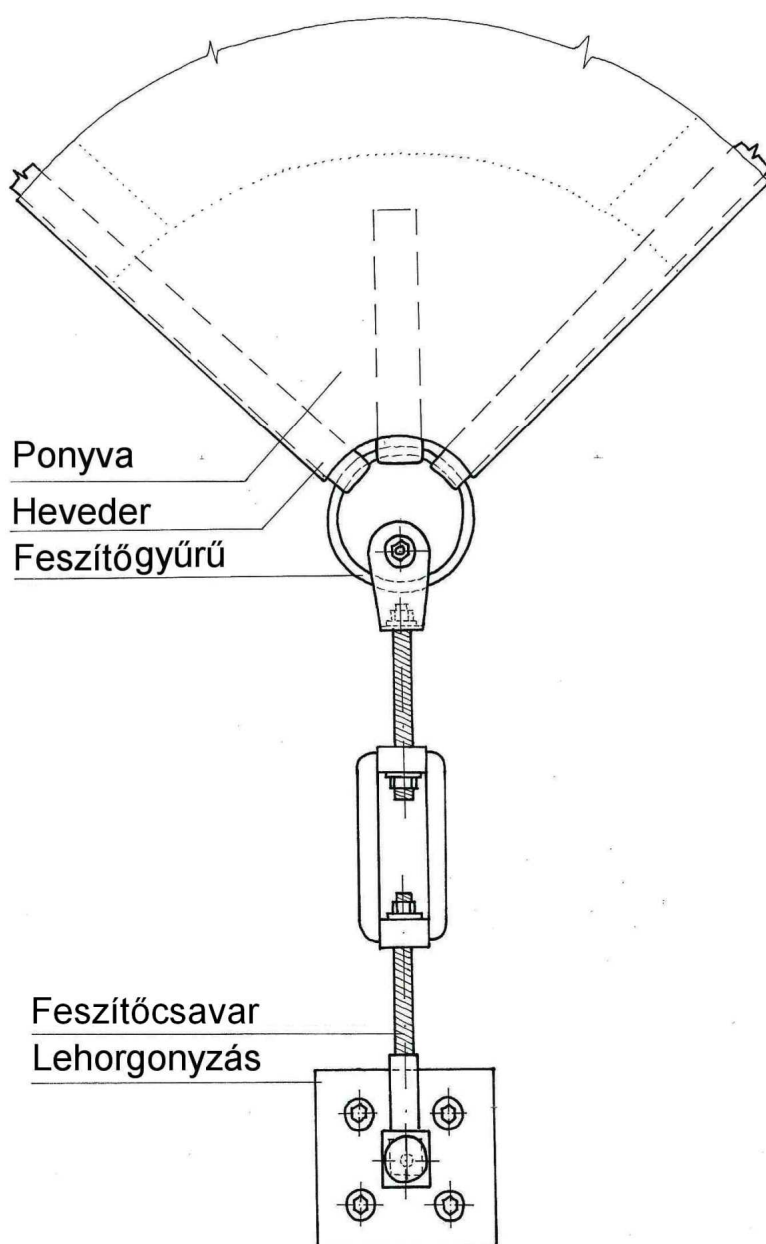
V-16. ábra



V-17. ábra

Egyszerű kialakítások – 5. megoldás

Ennél a megoldásnál újfent egy harmadik (hosszabb-rövidebb) heveder is kapcsolódik egy feszítőgyűrűre. A V-18. ábrán látható lehorgonyzó szerkezet két feszítőcsavar, egymástól való távolságuk állítható. A csomópont összességében egy (pl. merev vasbeton hátszerkezetbe csavarozott) fémlapra csatlakozik. Az V – 20. ábrán látható csomópont szintén feszítőgyűrűs, hátszerkezete merev oszlop.



V-18. ábra



V-19. ábra



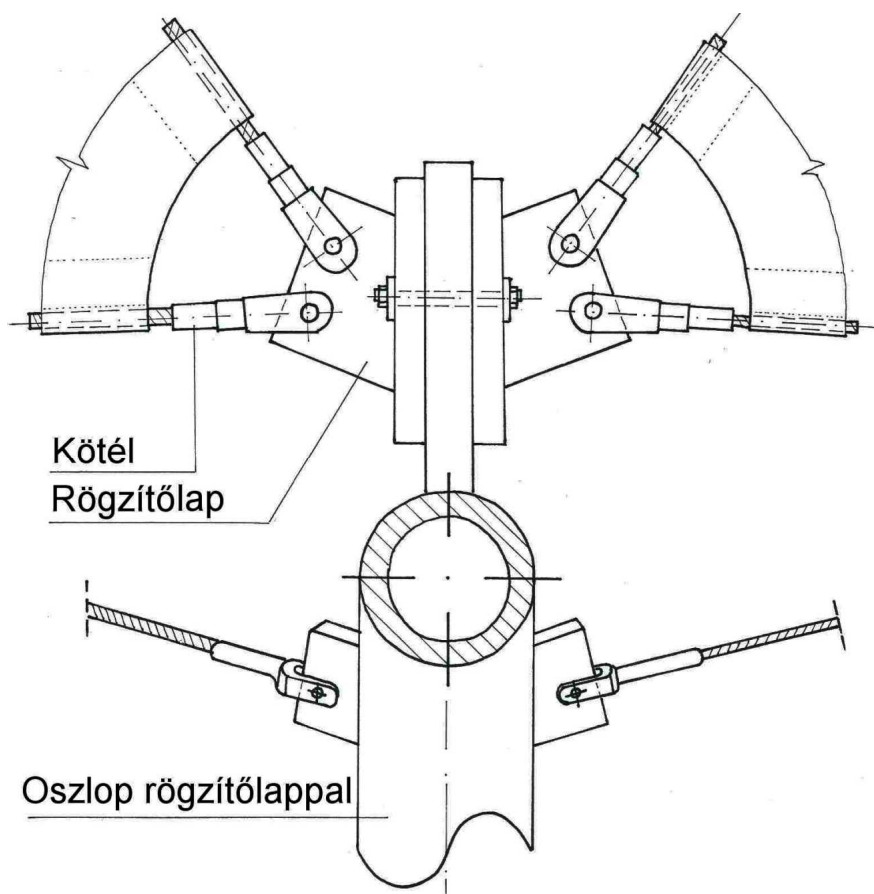
V-20. ábra



V-21. ábra

Egyszerű kialakítások – 6. megoldás

Ennél az igen egyszerű megoldásnál a ponyva nincs a hátszerkezethez rögzítve, a kötéllal párhuzamos erők (a súrlódástól eltekintve, amely ilyen módon a feszítésért felel) nincsenek felvéve. A két peremkötél a csavaros végfoglatával egy rögzítő lapokkal ellátott oszlophoz kapcsolódik. A csomópont azért érdekes, mert láthatjuk, hogy egy merev hátszerkezethez több irányból is csatlakoztathatunk sarokmegtámasztást.



V-22. ábra

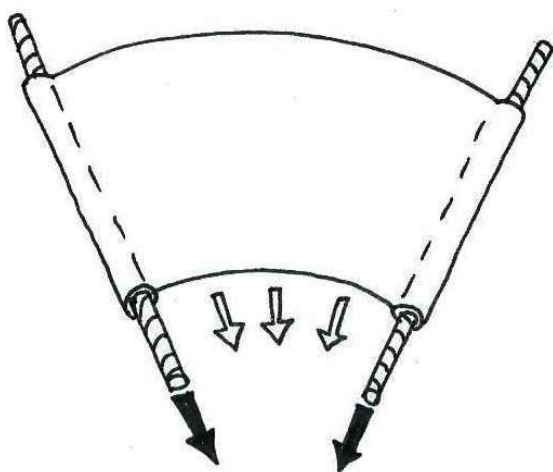


V-23. ábra

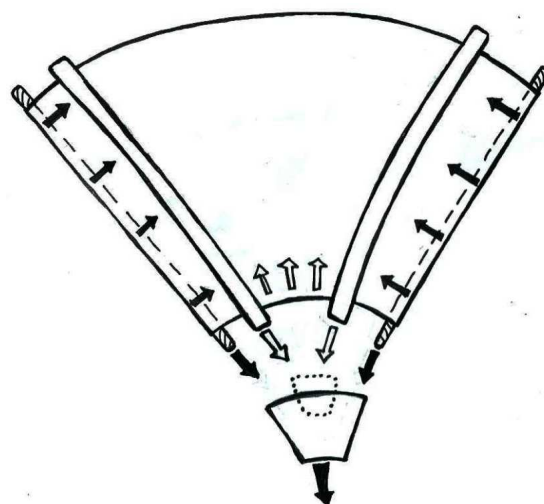
VI. Fejezet – Hevederes kapcsolatok

Ebben a fejezetben olyan csomópontok kerülnek ismertetésre, amelyeknél a peremkötéllal párhuzamos erőket (VI – 1. ábra) hevedereken keresztül közvetítjük a hátszerkezetre. A peremkötél összegyűjti a gyűrű és meridián irányú feszültségek tengelyre merőleges, a heveder pedig a kötéllel párhuzamos komponenseit (VI-2. ábra). A ponyva többnyire nem ér el addig a csomólemezig, amelyen összegyűjtjük a hátszerkezet felé közvetítendő erőket. A felsorolásra kerülő kialakítások példák arra, milyen szerkezetekkel oldhatjuk meg az elemek bekötését a csomólemezekre, illetve milyen csomólemezek alkalmasak erre. A csomólemezen történő utólagos állításra a legtöbb megoldásnál nincs lehetőség – ha a csomópont nem elég feszes, az egész feszítőszerkezetet kell a hátszerkezethez képest elmozgatni. A heveder és a ponyva kapcsolatát továbbra is hegesztéssel, ragasztással vagy varrással oldják meg, a hevedert az UV-sugárzástól védeni kell. A hevedernek az is funkciója, hogy gátolja a kötél mentén létrejövő gyűrődések kialakulását.

(Az ismertetésre kerülő kialakítások között gyakran fordulnak elő csomólemezek – a következő fejezet bevezetőjében pontosan le van írva, mik is ezek pontosan.)



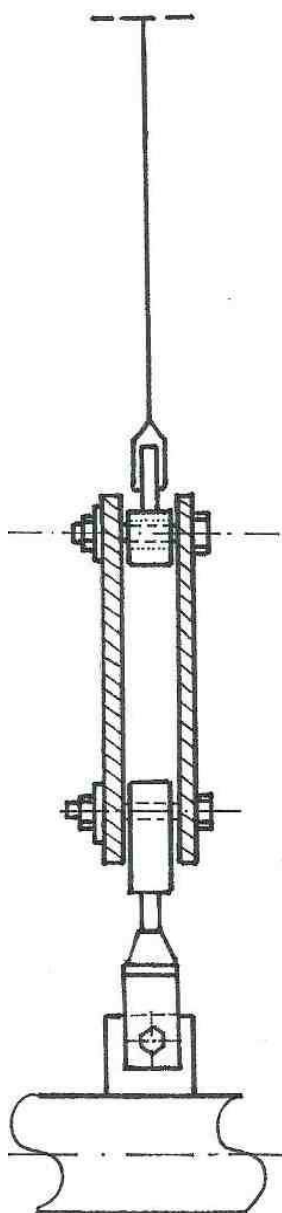
VI-1. ábra



VI-2. ábra

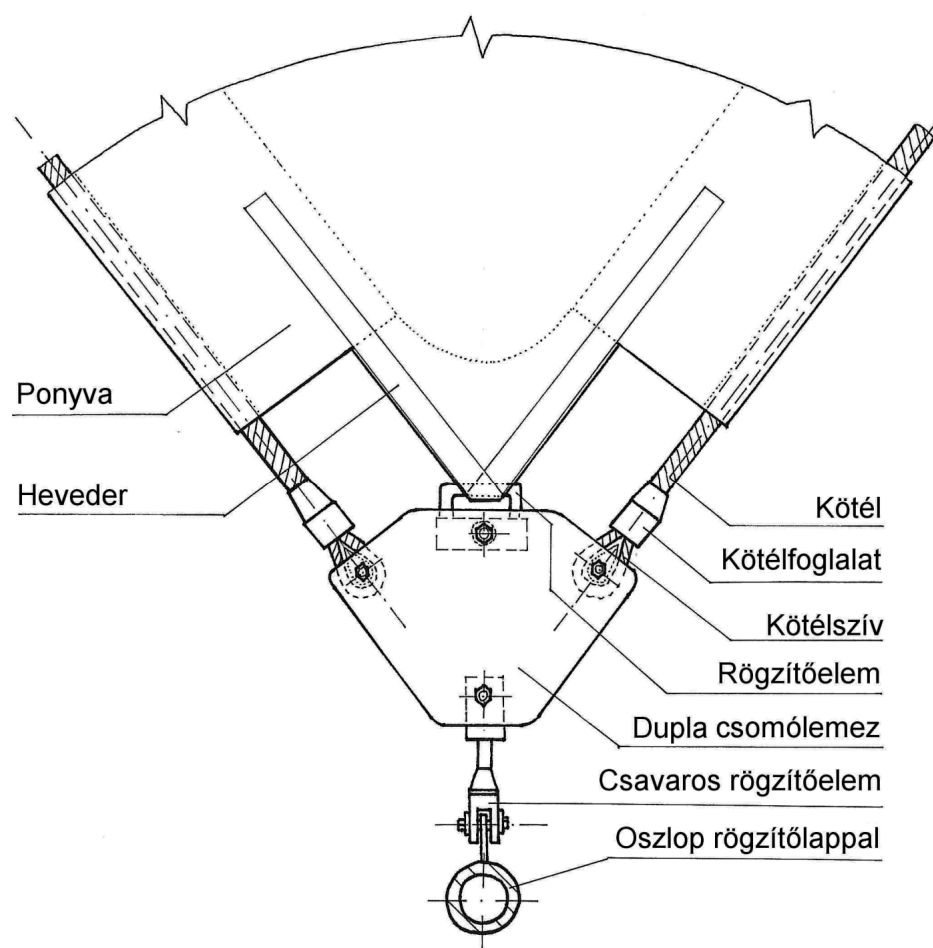
Hevederes kapcsolatok – 1. megoldás

Hosszmetszet



VI-3. ábra

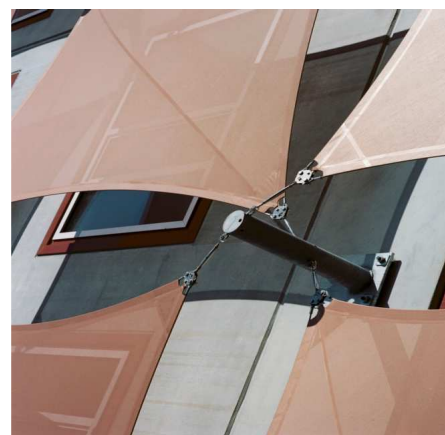
Az erőközvetítő fém csomólemezt esztétikai és mechanikai szerkezetvédelmi okokból kétrétegű, és a két réteg között kerül rögzítésre a teherhordó kötélt kötélcsíkkal kialakított végfoglalat, valamint az a fém rögzítőelem, amelyen keresztül az erősítő hevederek a kötéllal párhuzamos erőket átadják a csomólemezeknek. A membránereők felvétele nem finomhangolható, mert se a kötélt, se a hevederek hossza nem változtatható utólag.



VI-4. ábra



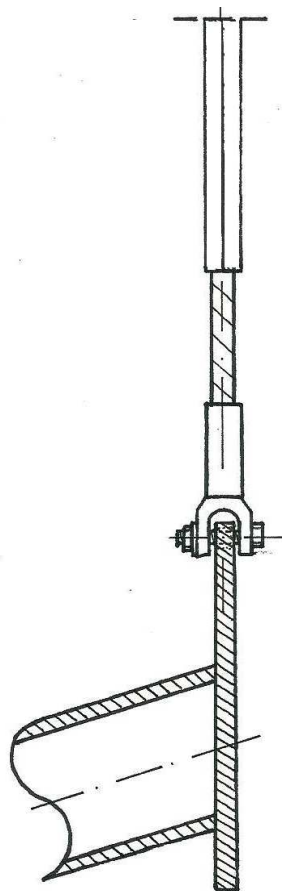
VI-5. ábra



VI-6. ábra

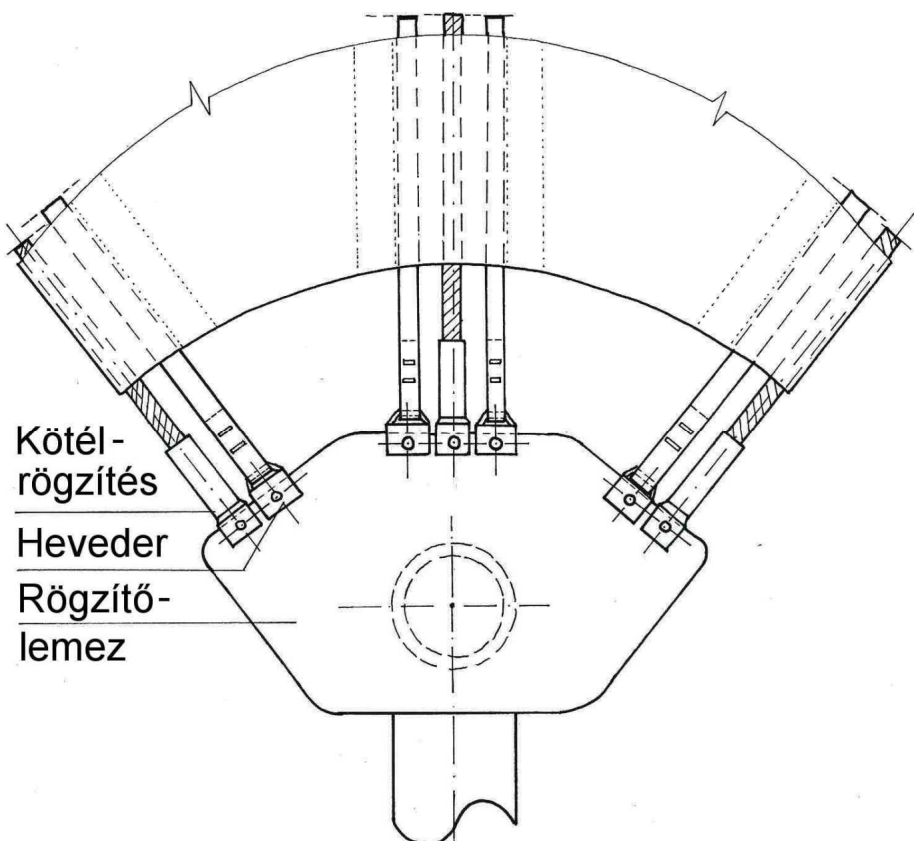
Hevederes kapcsolatok – 2. megoldás

A mereven a hátszerkezethez (erőközvetítő oszlophoz) hegesztett csomólemeze itt három irányból futnak rá a teherhordó kötelek, melyek mentén erősítő hevederek találhatóak. Ezek gátolják a kötélmenti ráncosodást, és felveszik a kötéllal párhuzamos erőket, viszont hosszuk nem állítható, ahogy a kötelek hossza sem.

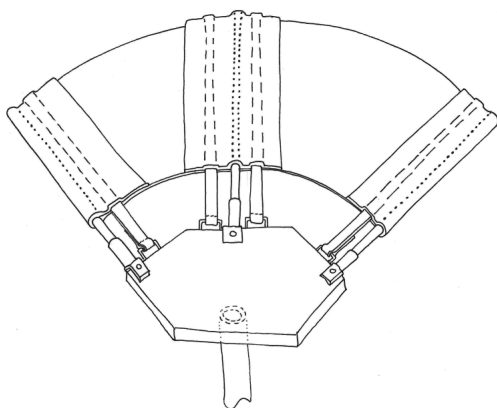


Hosszmetszet

VI-7. ábra



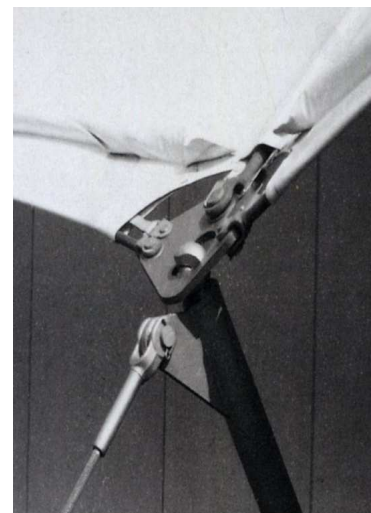
VI-8. ábra



VI-9. ábra



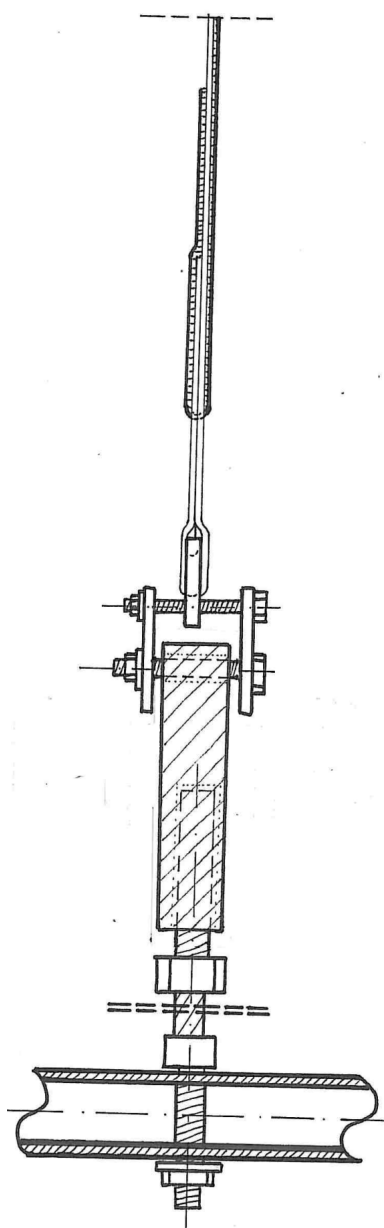
VI-10. ábra



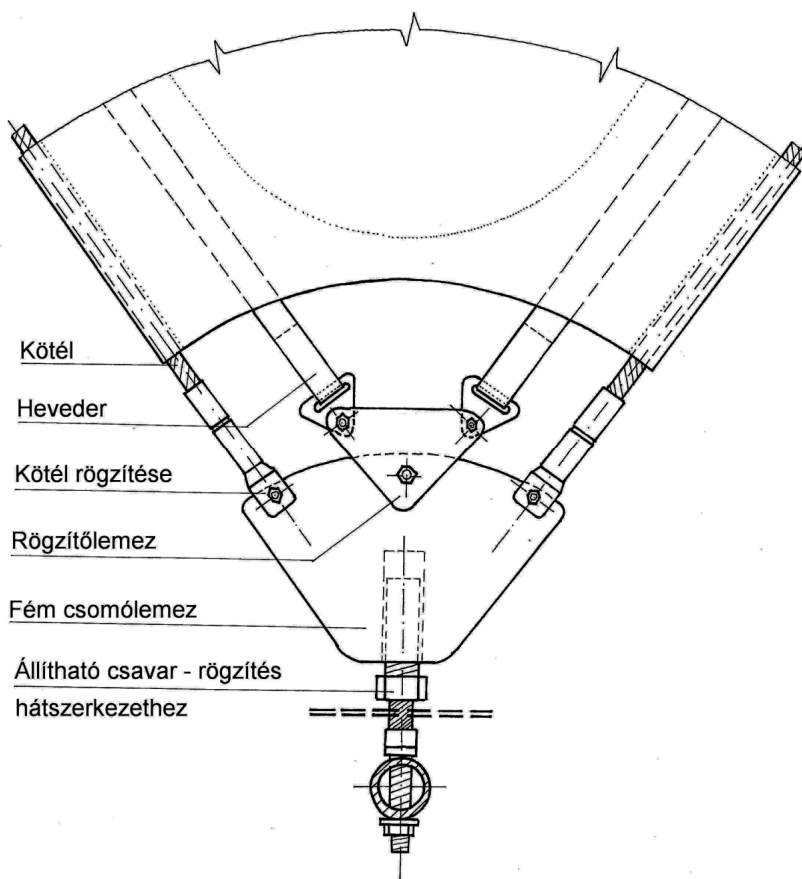
VI-11. ábra

Hevederes kapcsolatok – 3. megoldás

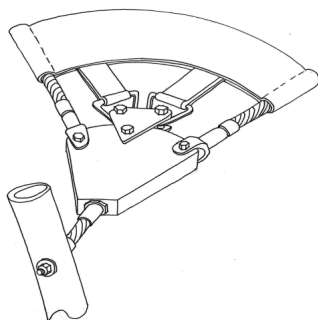
Az erőközvetítő fém csomólemezből egy feszítőcsavart csavarunk, amely egy teherközvetítő kötélnél csatlakozik. Ez a kötel a másik végén újabb feszítőcsavarban végződik, amelyet aztán a másik végével átfűzünk a teherbíró oszlop egy ennek a fogadására kialakított lyukán, a hosszát pedig a lezáró anyacsavarral állítjuk (tulajdonképp beakasztjuk). A csomólemezből a teherhordó kötelek végfoglalatai csavarral rögzülnek. A csomólemezből emellett kétoldali rögzítő lemezeket keresztül adódnak át az erősítő hevederek által felvett, kötélnél párhuzamos erők, melyek itt megint nem állíthatóak be külön – tehát mozgathatjuk a hátszerkezethez képest az egész csomópontot, de csomóponton belüli finomhangolásra nincs lehetőség.



VI-12. ábra



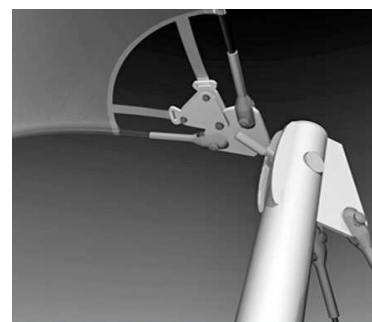
VI-13. ábra



VI-14. ábra



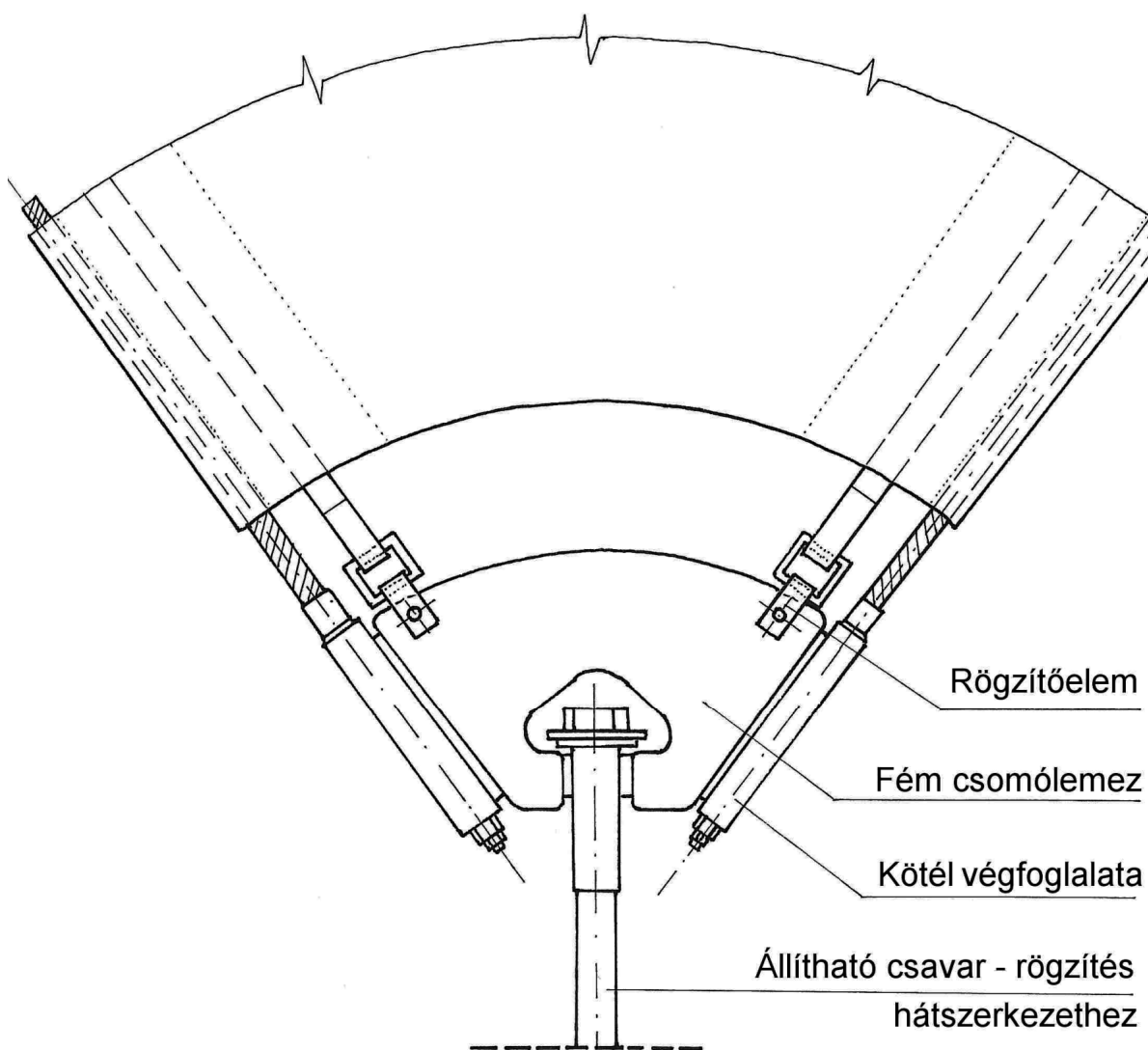
VI-15. ábra



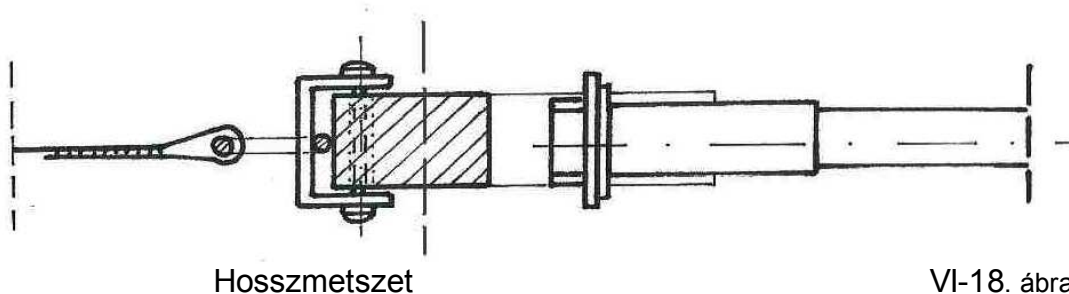
VI-16. ábra

Hevederes kapcsolatok – 4. megoldás

A hátszerkezethez az összegyűjtött erőket egy, a csomólemezen sajátos kivágásán belül feltámaszkodó feszítőcsavar közvetíti. A csavar folytatódhat az előző megoldáshoz hasonlóan teherhordó sodronykötélben (VI -13. ábra). A peremkötelek csavarokban végződnek, ezek a csomólemezen kialakított szélső foglalatokban támaszkodnak fel; hosszuk az anyacsavar segítségével állítható. A hevederek mereven kapcsolódnak a csomólemezhez, hosszuk nem állítható.



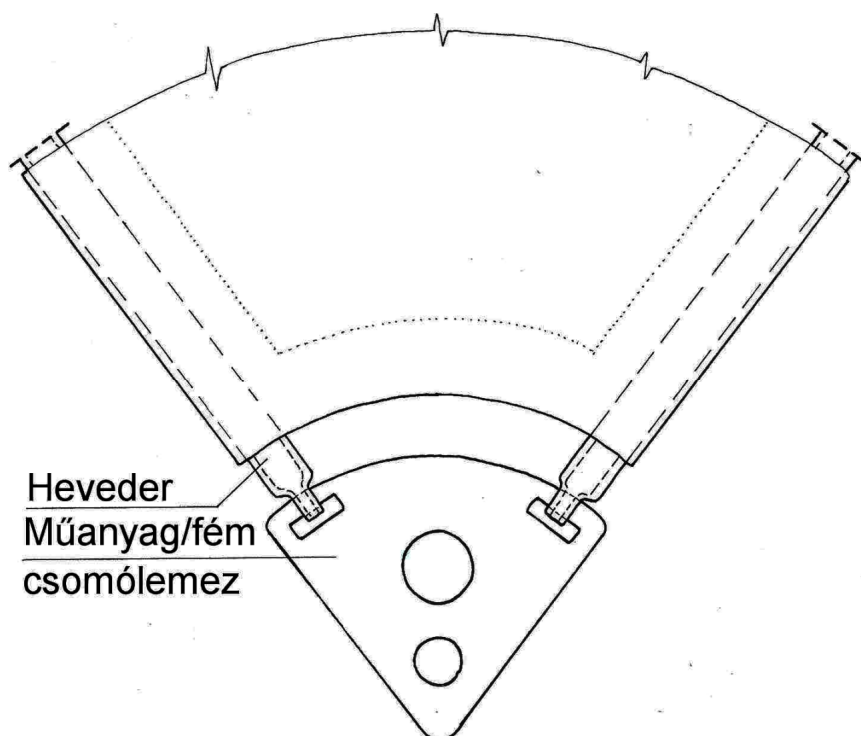
VI-17. ábra



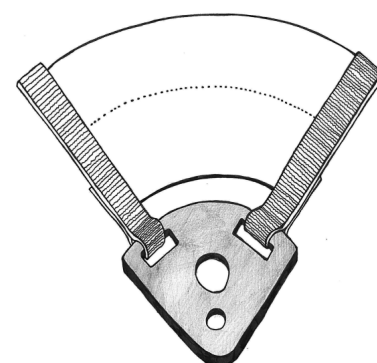
VI-18. ábra

Hevederes kapcsolatok – 5 - 6. megoldás

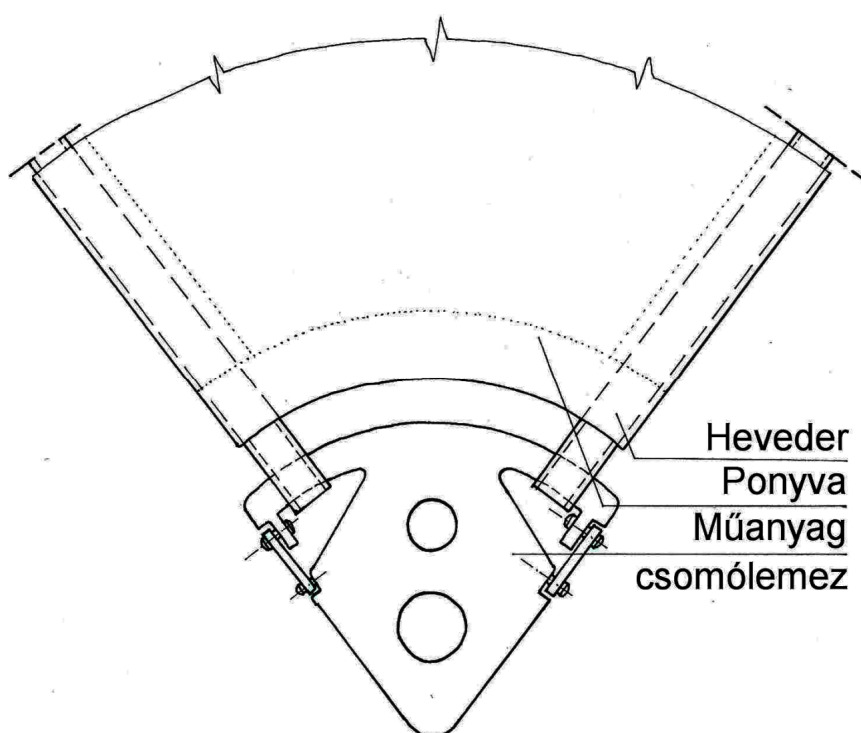
Két igen egyszerű példa látható itt hevederes kapcsolatokkal megoldott kis szerkezetekre. A hevedereket a csomólemezen átfűzzük - beakasztásukkal átadódnak mind a hevederekkel párhuzamos és az azokra merőleges erők. Utólagos állításra nincs lehetőség. A csomólemezt tetszőleges hátszerkezethez egyszerű beakasztással kapcsolhatjuk.



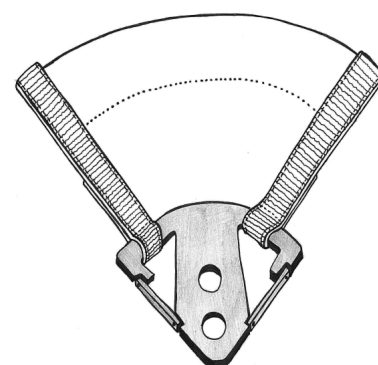
VI-19. ábra



VI-20. ábra



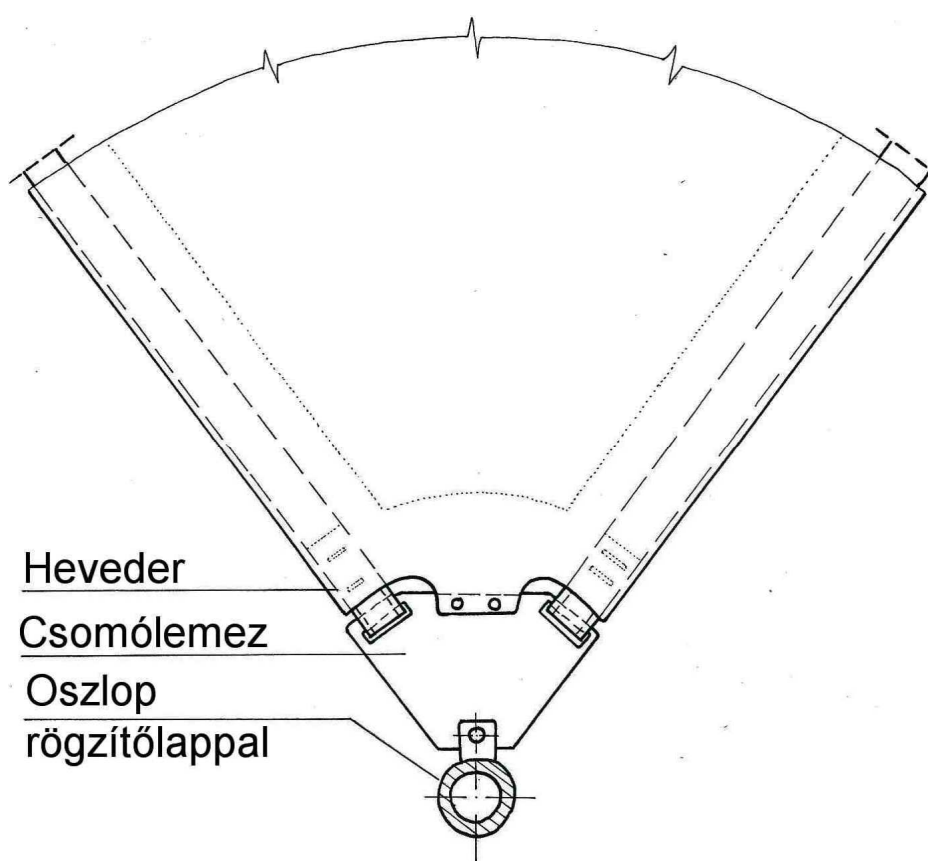
VI-21. ábra



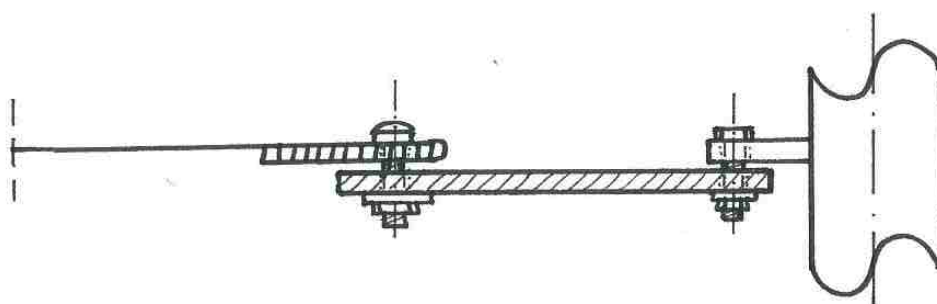
VI-22. ábra

Hevederes kapcsolatok – 7. megoldás

A heveder a ponyvából kialakított, a ponyva peremével párhuzamos „tasakban” fut. A hevederrel párhuzamos erőket a súrlódástól eltekintve úgy közvetítjük tovább, hogy a sarokban megszakított ponyvát egyszerűen a csomólemezhöz szegezzük. Ez a sarokmegoldás csak kis erőknél működik, mert ha nagy a húzóerő, a leszegés körül a ponyva elszakadhat. Itt ugyanis a kis, koncentrált erőátadó felülethez képest nagy mértékű a lyukasztással történő meggyengítés.



VI-23. ábra



Hosszmetszet

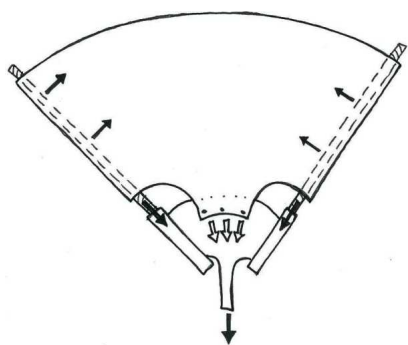
VI-24. ábra

VII. Fejezet – Csomólemezes megoldások

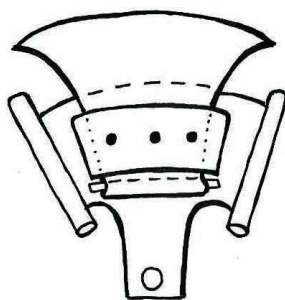
Az itt következő sarokkialakítások a leggyakoribbak. A feszítés lényegi elemét a csomólemezek képezik – olyan lefeszítő szerkezetek, amelyeken keresztül a feszítőerők leadhatóak a hátszerkezet, lehorgonyzások, stb. felé (VII-1. ábra). A VII-5. ábrán láthatunk egy csomólemezt. A csomólemezekhez egy szorítólemez is tartozik. A lemezen egyrészt helyet kap egy foglalat, amelyen keresztül a peremkötél megtámasztható (VII-2. ábra). A peremkötelek többnyire egy csavarral ellátott kötélhüvelyben végződnek – a csavart átvezetjük a foglalatban, és túlsó végén az anyacsavarral állítjuk a hosszát. Így közvetítjük a kötéltre merőleges erőket a lemezre.

A kötéllal párhuzamos erőket ezeknél a kialakításoknál úgy vesszük fel, hogy a ponyvát a lemezre rögzítjük. Ennek megoldására két elv is kínálkozik. Az első elv, hogy a ponyva szabad végével körbeborítunk egy kédert, és a csomólemez lecsavarozott szorítólapja a húzóerők szempontjából a felcsúszás útjában áll (VII-3. ábra) – a leszorításnál emellett súrlódási erők is hatnak. A második megoldási mód során nincs kédér, itt a visszahajtott ponyvát egyszerűen a csavarozott szorítólapon át a csomólemezhez szorítjuk, itt csakis súrlódási erők hatnak, illetve maga a lecsavarozás. A csavaros rögzítés miatt ezeknél a csomópontoknál a kötéllal párhuzamos erők nem állíthatók.

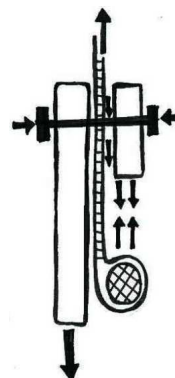
Túl nagy membránerők esetén a ponyva kiszakadhat a lerögzítés alól, mivel az átlukasztásoknál meg van gyengítve, illetve mivel itt nagy erők koncentrálódnak.



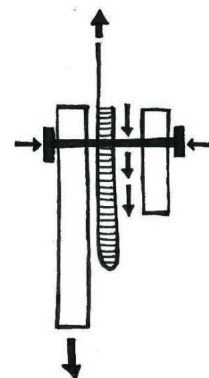
VII-1. ábra



VII-2. ábra



VII-3. ábra



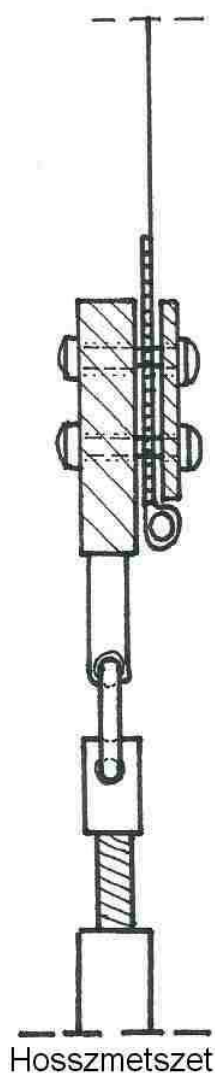
VII-4. ábra



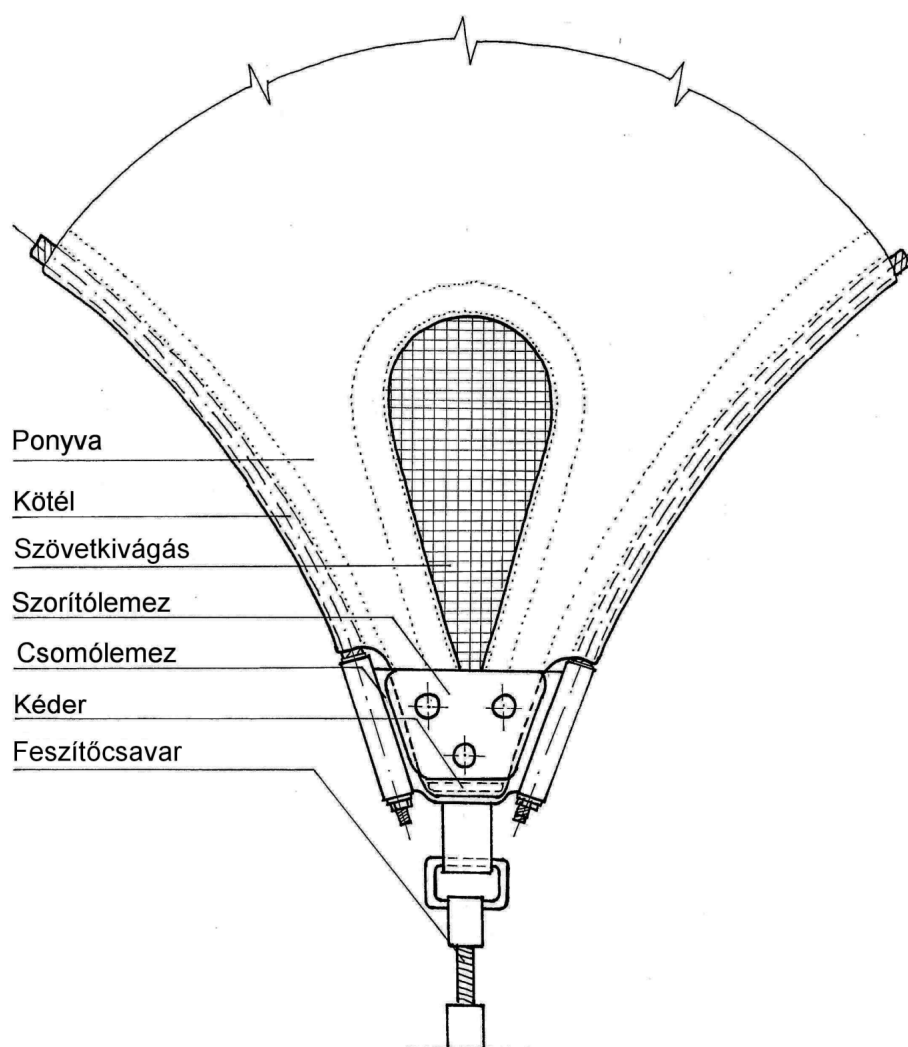
VII-5. ábra

Csomólemezes kapcsolatok – 1. megoldás

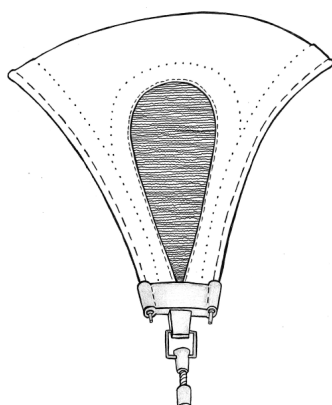
Itt egy jellegzetes, kéderrel lezárt és megfeszített ponyvájú csomópont látható - a peremkötelek befutnak a csomólemez két oldalán található foglalatokba, hosszukat állíthatjuk a lezáró anyacsavarokkal. A csomópont jellegzetessége, hogy a ponyvát a sarokban kivágjuk, és egy áttetsző szöveterősítéssel látjuk el. A csomólemez közvetetten egy feszítőcsavarhoz csatlakozik, mely további áttételeken keresztül az erőket az alapozás felé közvetíti.



VII-6. ábra



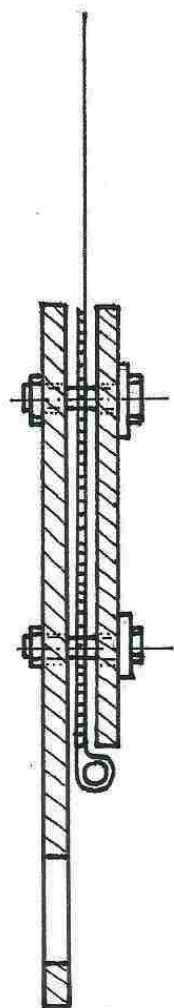
VII-7. ábra



VII-8. ábra

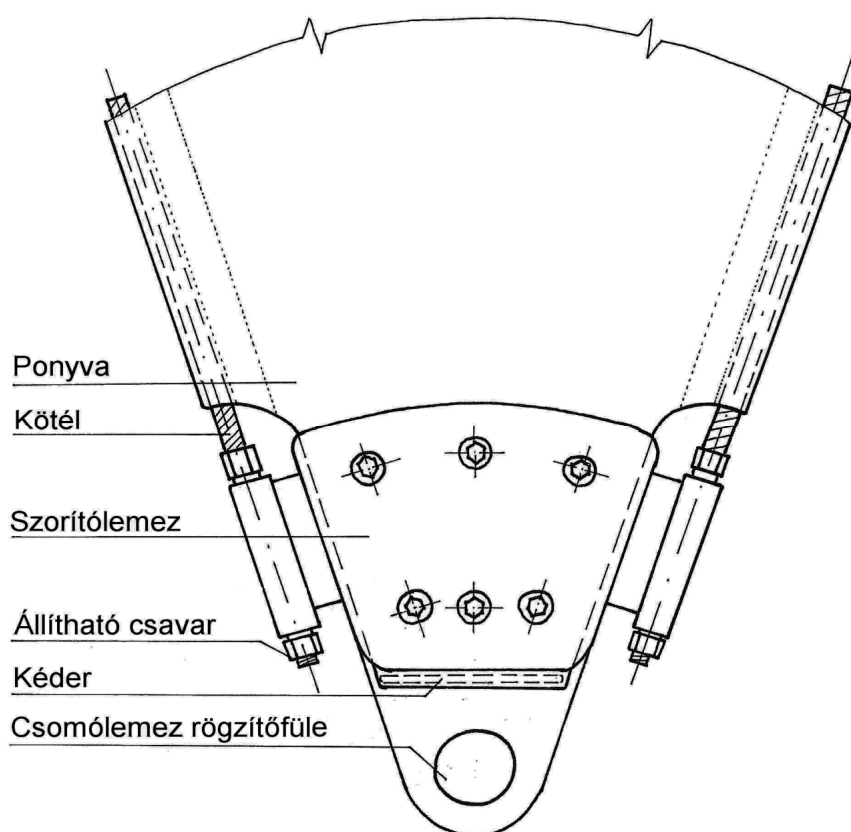
Csomólemezes kapcsolatok – 2. megoldás

Hosszmetszet



VII-9. ábra

Ahogy a VII-12-13. képeken látható, a szerkezettervezés során meghatározható a csomólemez geometriája, és ezzel a kötelek által bezárt szög. A ponyvát a sarokkialakításnál átborítjuk egy kéderrel, és ezt szorítjuk egy szorítólemezzel a csomólemezhez, melynek a végén egy, rögzítési és erőközvetítési célokat szolgáló kivágás található (rögzítőfüle). A VII -11. képen látható egy megoldás a füles rögzítésre.



VII-10. ábra



VII -11. ábra



VII -12. ábra



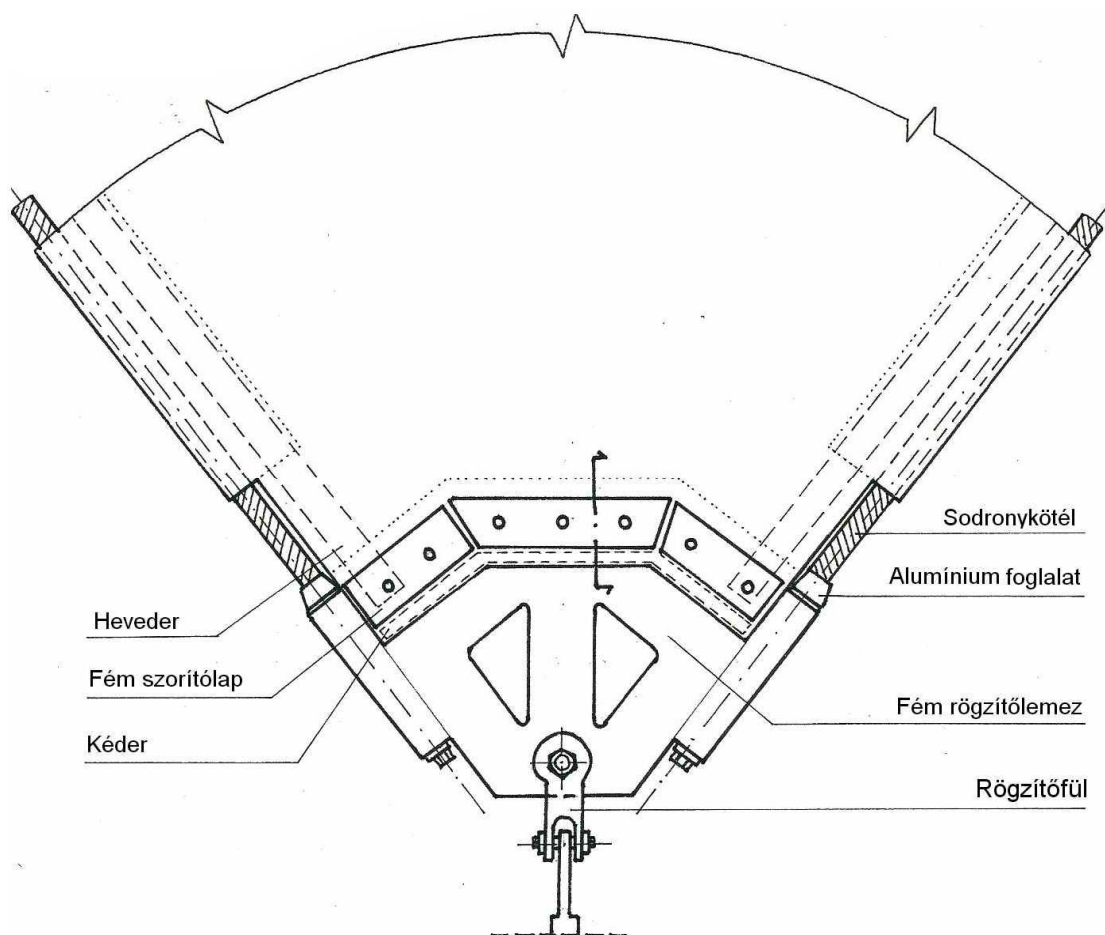
VII -13. ábra

Csomólemezes kapcsolatok – 3. megoldás



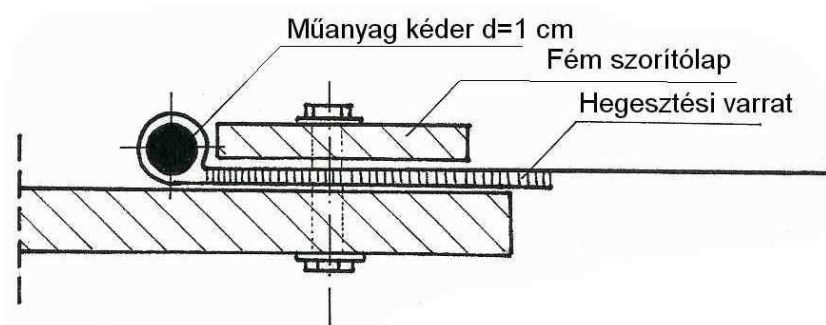
VII-14. ábra

Működését tekintve ez a kéderes megoldás azonos az előzővel, itt viszont erősítő hevedert is lerögzítünk a szorítólemezekkel (illetve azok csavarjaival) - így gátolhatóak a peremkötelek mentén létrejövő gyűrődések. A csomólemez itt szintén rögzítő füllel van ellátva, fém (rozsdamentes vagy horganyzott acél), rögzítő szerkezetek „harapnak” a lemezre, csavarozott kapcsolatokon keresztül adják le az erőket az alapozások felé.



VII-15. ábra

Rögzítés metszete

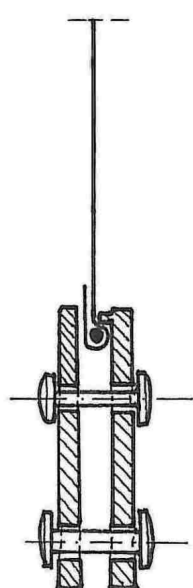


VII-16. ábra

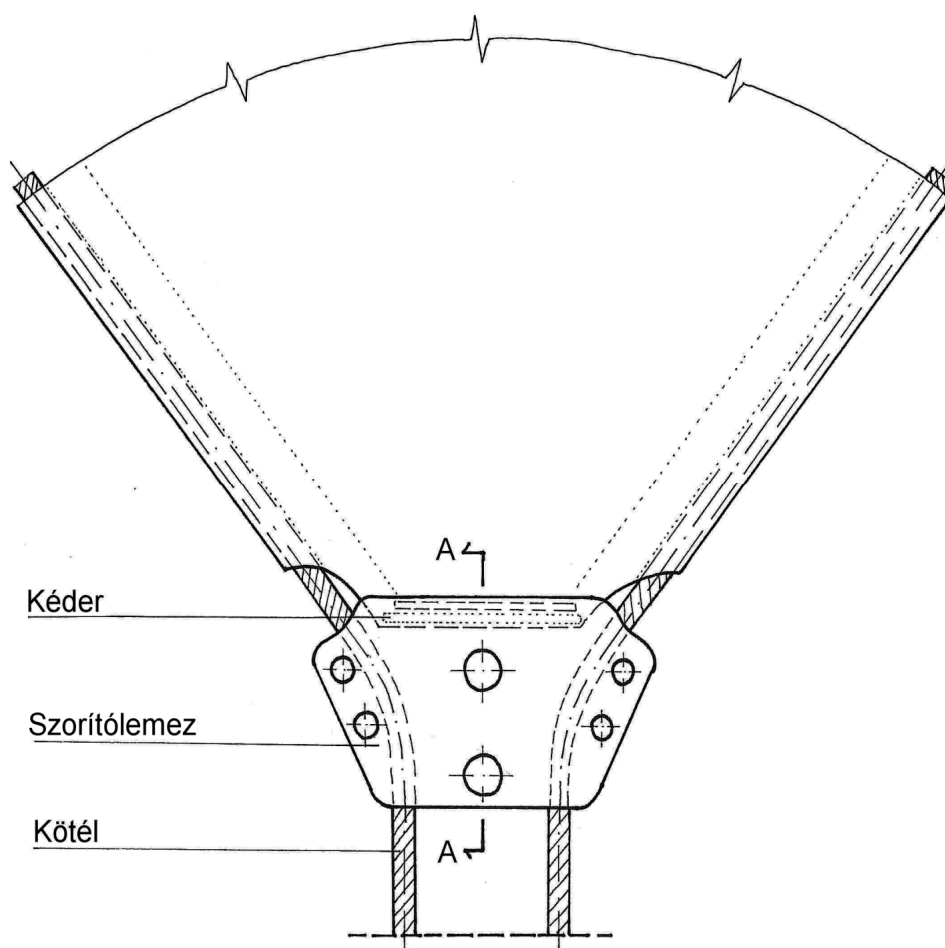
Csomólemezes kapcsolatok – 4. megoldás

A megszakítatlan peremkötelek két, csavarokkal összerögzített csomólemezen futnak keresztül. Ezt a kialakítást azért soroljuk ide, mert a megszakított ponyva szintén kéderrel van átborítva, amit beakasztunk a két lemez közé, ahogy ez a VII-17. ábrán látszik. (A VII-20. képen már egy olyan megoldás látható, ahol ezt a kapcsolatot közvetetten oldjuk meg, nem kéderrel, erre lesz később, a VIII. fejezetben példa.)

A-A metszet



VII-17. ábra



VII-18. ábra



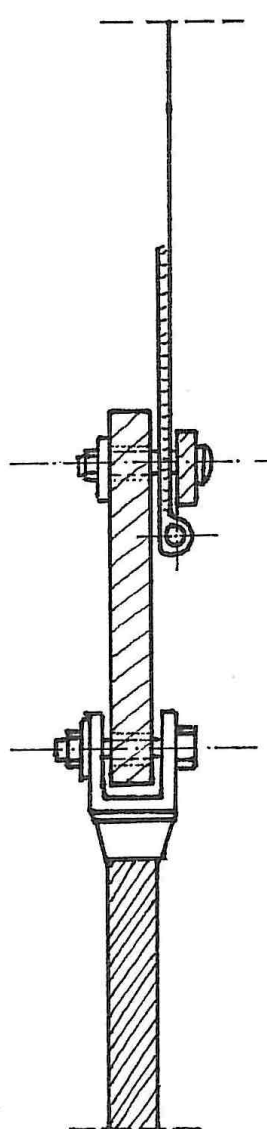
VII-19. ábra



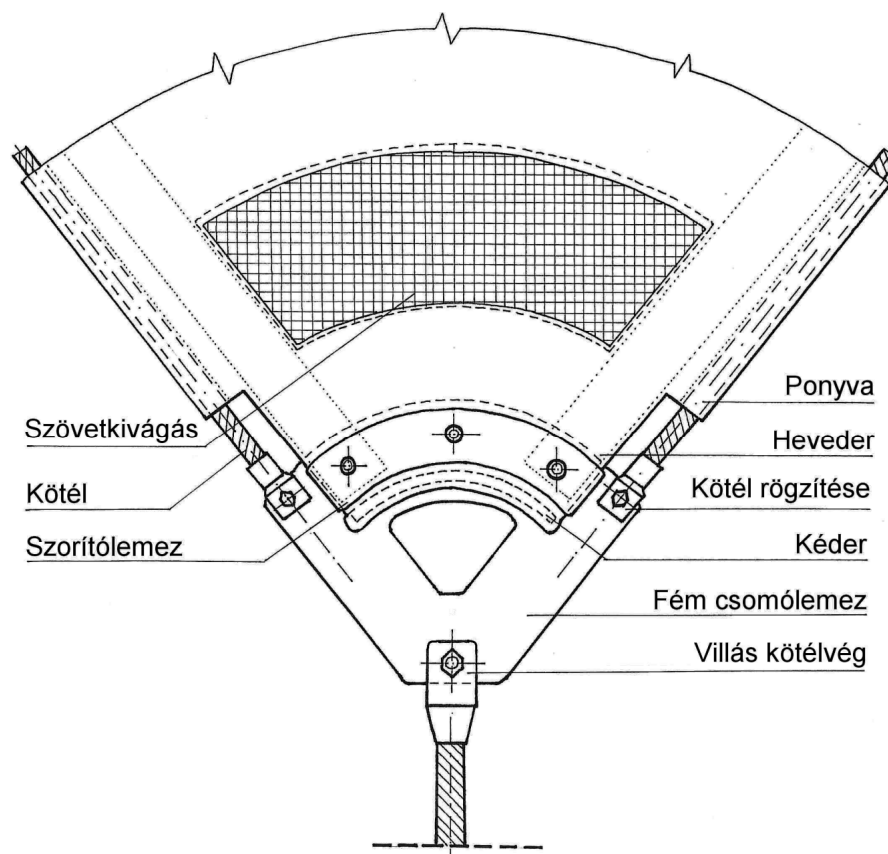
VII-20. ábra

Csomólemezes kapcsolatok – 5. megoldás

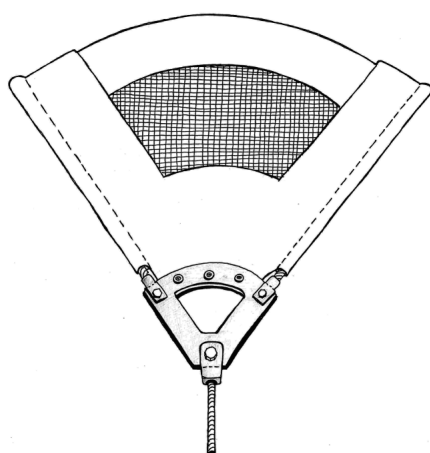
Itt egy újabb kéderes, erősítő hevederes megoldás látható, melynek a csomólemeze villás kötélvégen keresztül adja le az erőket az alapozás felé. A peremkötelek hossza végfoglalatuk miatt nem állítható. A sarokban megint látható áttetsző szöveterősítés.



VII-21. ábra



VII-22. ábra



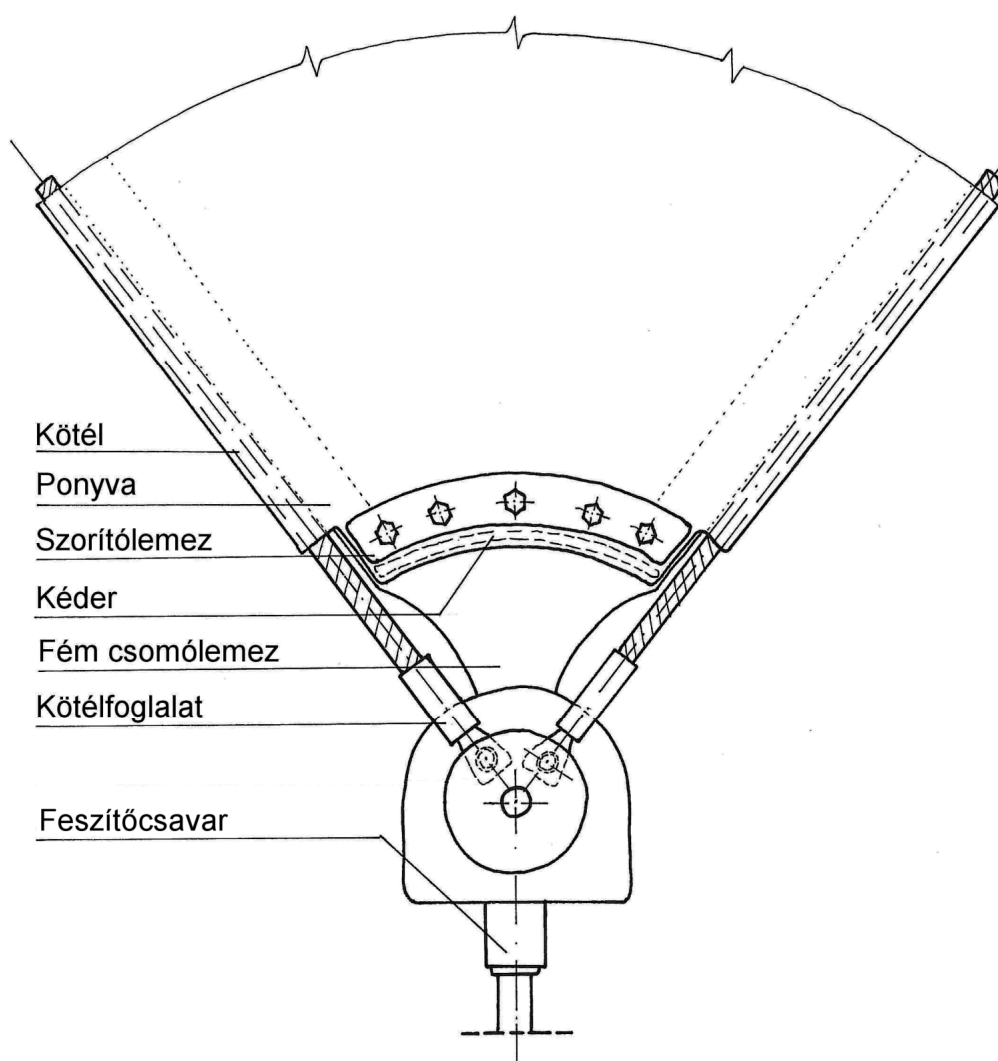
VII-23. ábra



VII-24. ábra

Csomólemezes kapcsolatok – 6. megoldás

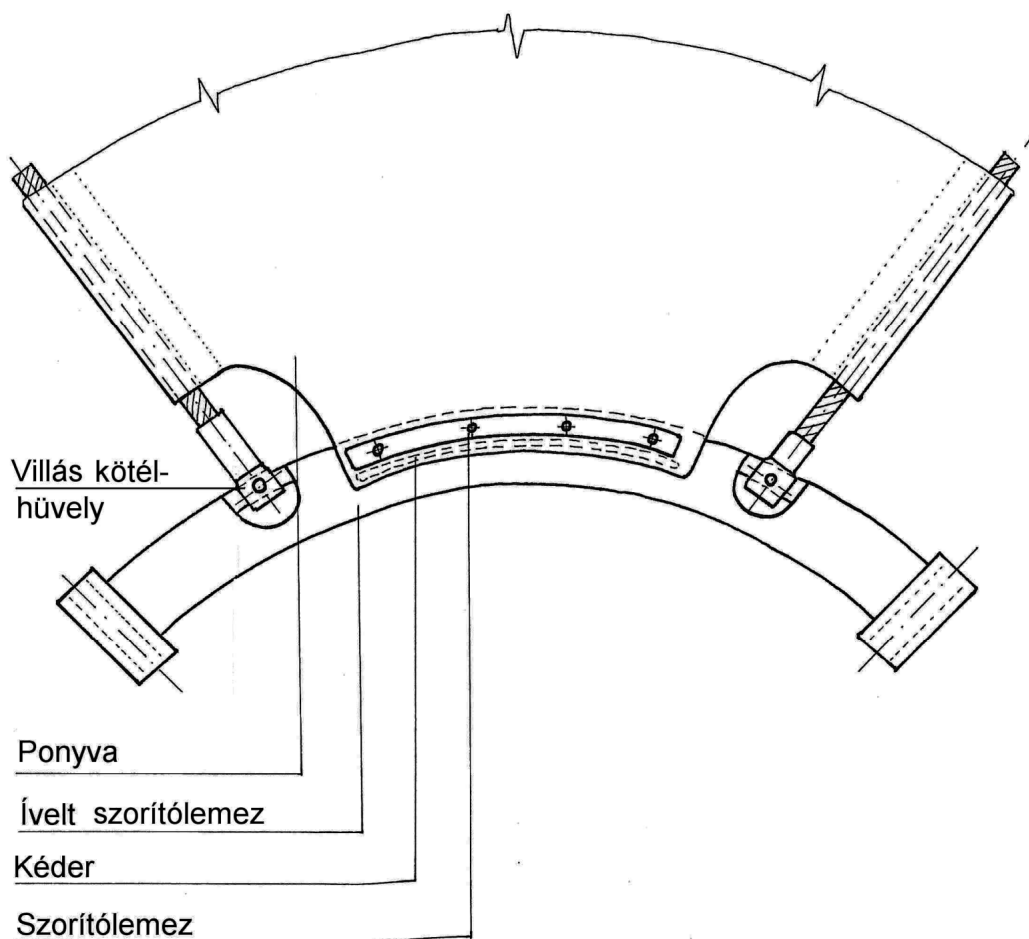
Ezen a megoldáson a ponyva szorítólemezes megfeszítéséhez megint kédert használunk. A peremkötelek végfogalatai felfekszenek a csomólemezre, és egy fém (rozsdamentes vagy horganyzott acél), ívelt lemezzel vannak eltakarva, megvédve. A csomólemez feszítőcsavaron keresztül adja tovább az erőket.



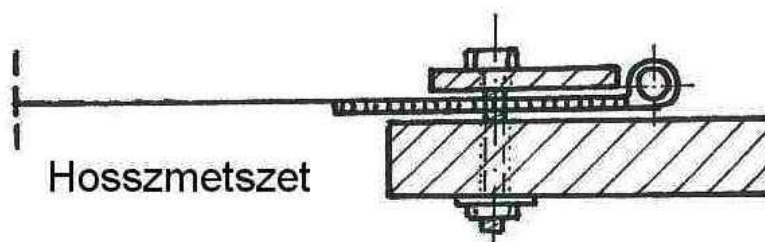
VII-25. ábra

Csomólemezes kapcsolatok – 7. megoldás

Rendhagyó geometriájától eltekintve ez a megoldás azonos működésű az előzőekkel. A ponyva leszorításánál kédert is használunk. A csomólemez ívelt, nyújtott, az erőket a két végén kialakított foglalatba támasztható feszítőcsavarokon keresztül tudja leadni.



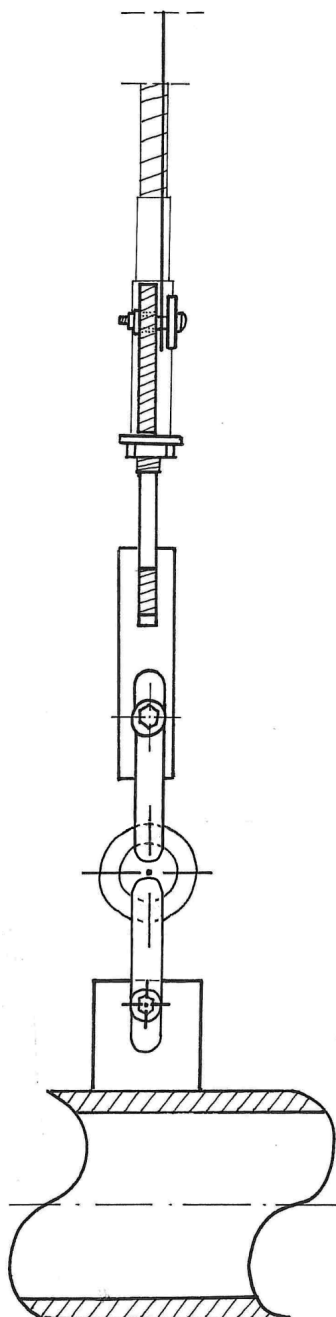
VII-26. ábra



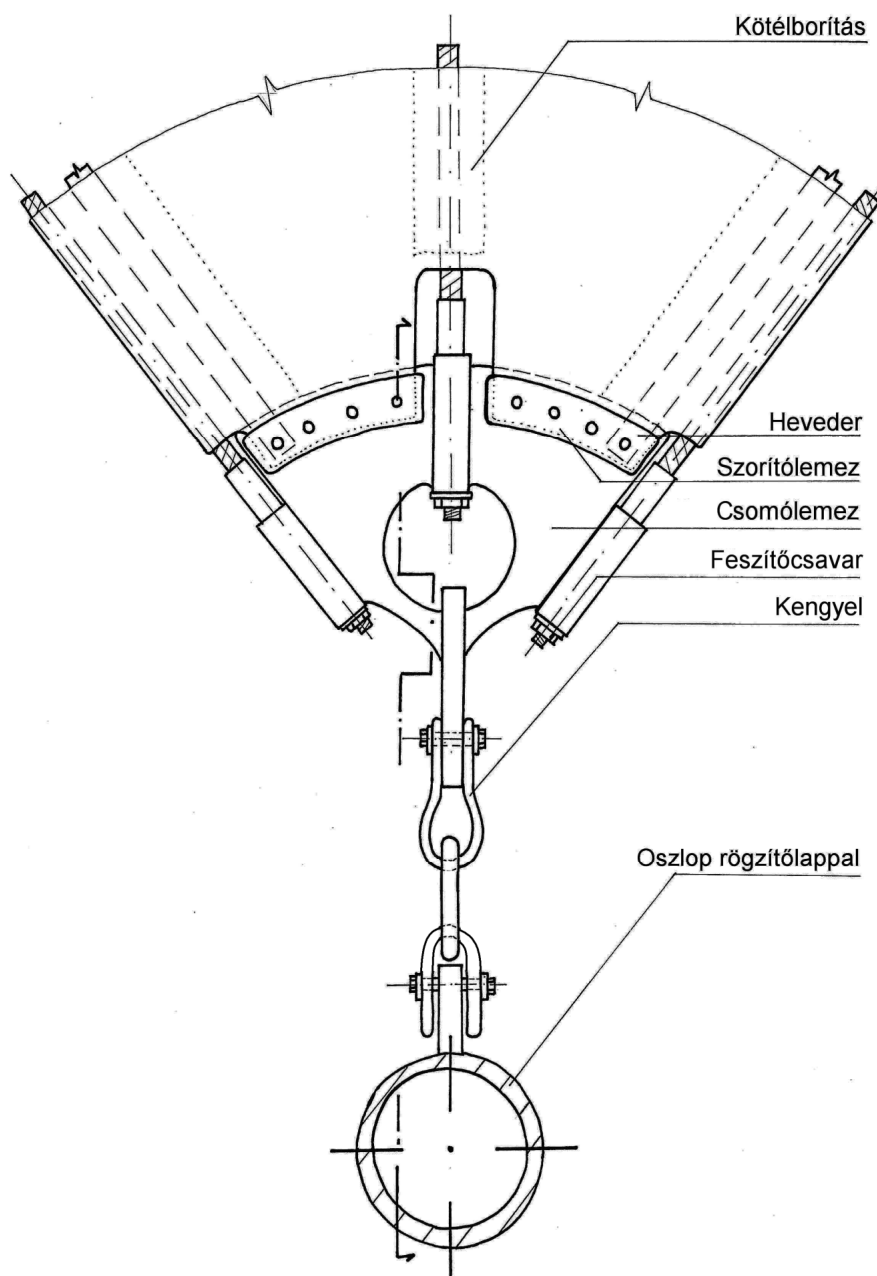
VII-27. ábra

Csomólemezes kapcsolatok – 8. megoldás

Az itt látható csomólemez alkalmas peremkötelek három irányból történő fogadására, hosszuk csavarokkal állítható. Kédtett itt nem használunk a ponyva leszorításakor. A tartóoszlopnak a csomólemez az erőket csavaros kapcsolatokon és kengyeleken keresztül adja le.



VII-28. ábra



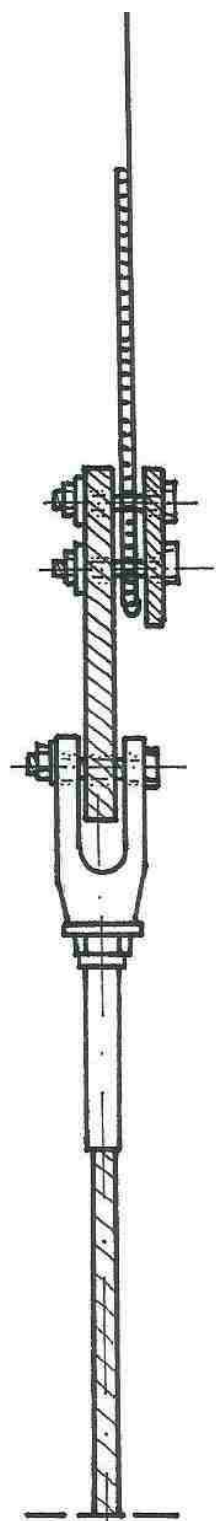
VII-29. ábra



VII-30. ábra

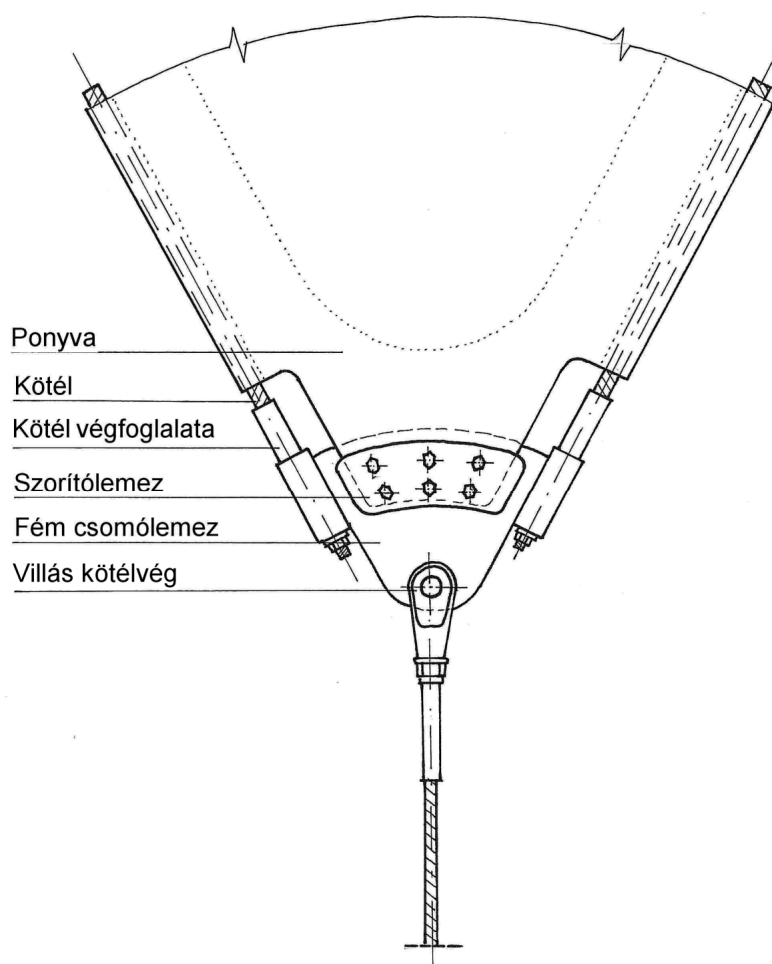
Csomólemezes kapcsolatok – 9. megoldás

Igen egyszerű és szép, kéder nélküli megoldás látható itt. (A VII – 34. képen hasonló kialakítás látható kéderrel). A peremkötelek hossza megint állítható. A csomólemez villás kötélvéggel rendelkező teherhordó kötélén keresztül adja le erőit az alapozások felé.

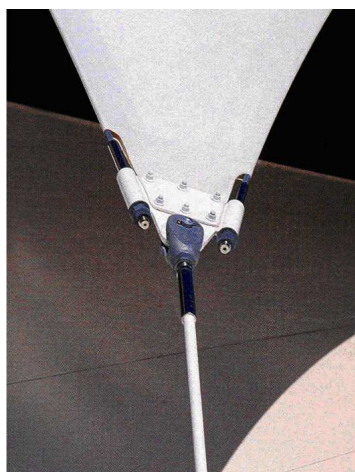


Hosszmetszet

VII-31. ábra



VII-32. ábra



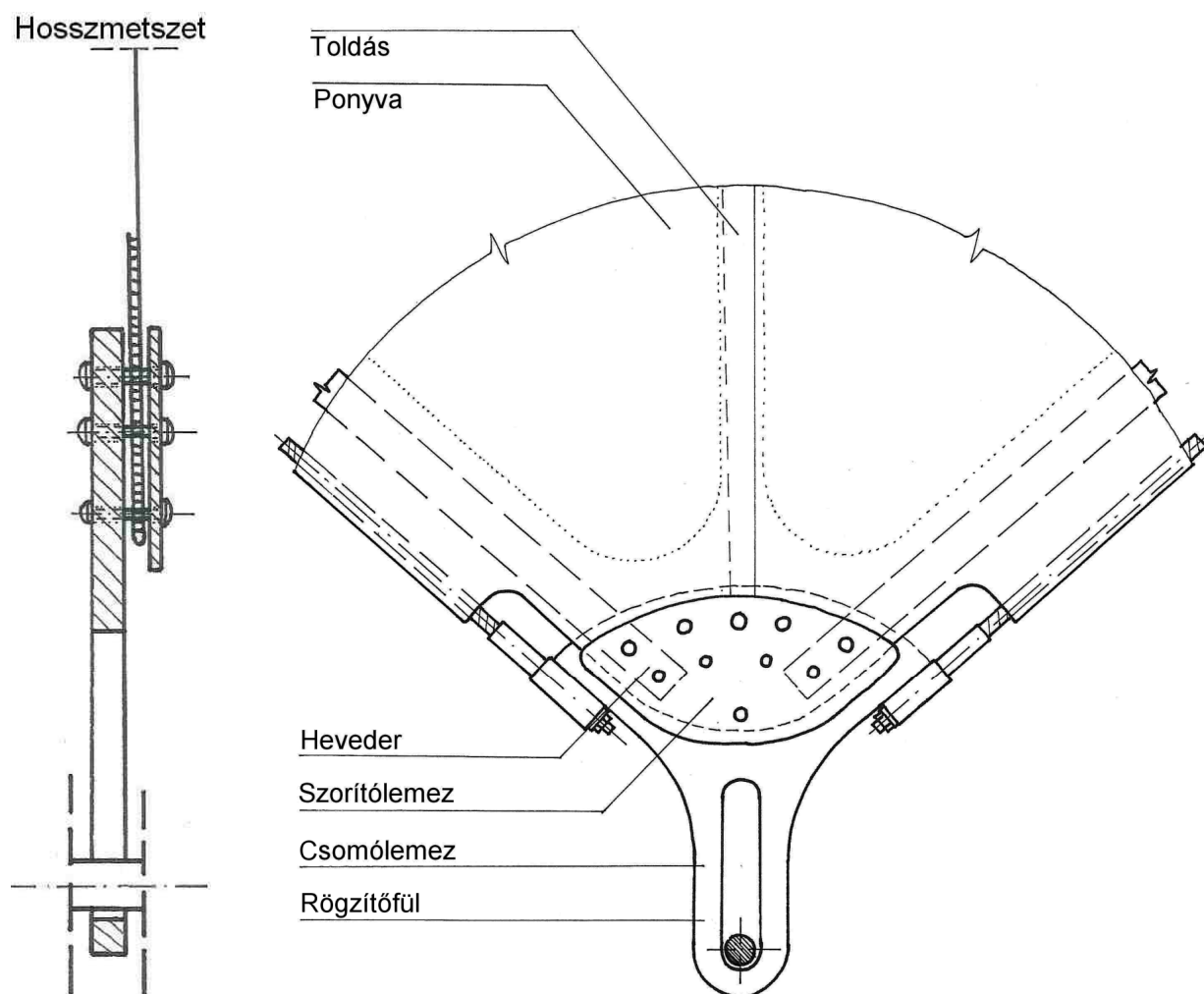
VII-33. ábra



VII-34. ábra

Csomólemezes kapcsolatok – 10. megoldás

A peremek mentén erősítő hevedereket láthatunk, ezek a kéderes erősítés nélküli ponyvával egyetemben a szorítólemez alá futnak. A peremkötelek hossza itt is állítható. A csomólemez rögzítő fülben végződik, mellyel a kialakítás állítható módon tetszőleges hátszerkezetre (akár gerendára) rögzíthető. A VII – 38. képen látható kialakításon nem rögzítőfülben végződik a csomólemez, hanem van egy középső foglalatja, amelybe feszítőcsavarral lehorgonyzó szerkezet rögzíthető.



VII-35. ábra

VII-36. ábra



VII-37. ábra



VII-38. ábra

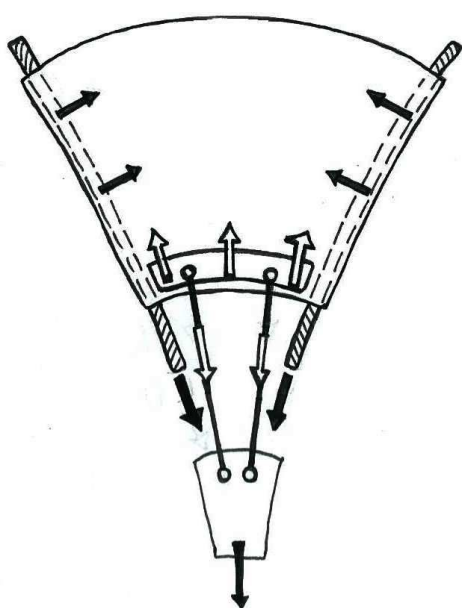
VIII. Fejezet – Megoldások saroktól eltartott ponyvával

Ezeknél a megoldásoknál a peremkötélen keresztül a kötélre merőleges erők közvetlenül egy csomólemezt adódnak át. Az ok, amiért ez a pár megoldás nem sorolható az előbbi kategóriába az, hogy a ponyva nem ér el a csomólemezig, nincs rászorítva – a kötéllel párhuzamos erők közvetetten, egy kiegészítő szerkezeten keresztül adódnak át a lemezre (VIII-1. ábra). A felsorolásra kerülő három sarokkialakításon három különböző módon oldják meg az erőközvetítést.

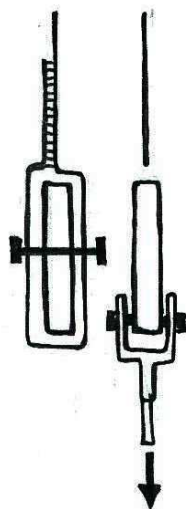
A VIII-2. ábrán látható az első csomópont elve: a kép bal oldalán egy általános metszete látható annak, hogy egy hosszanti feszítőlemezt körbeborítunk a megfeszítendő ponyvával, majd a jobb oldali sematikus metszeten látszik, hogy ezt a lemezt megfogjuk egy olyan szakaszon, ahol a ponyva meg van szakítva. A megfogáson keresztül közvetítjük tovább az erőket a csomólemezre.

A második csomópont működési elve az első és a harmadik megoldások működési elveinek a metszete, erről majd a konkrét kialakításnál lesz szó.

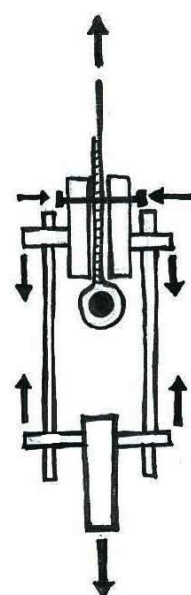
A harmadik csomópont elvi kialakítását magyarázó VIII-3. ábrán látszik, hogy közvetett erőátadásnál is használható kéder a ponyva megtámasztására. A szorítólapokkal összepréselt kéderrel megfeszítjük a ponyvát - a szorítólapokat és a csomólemezt hosszanti csavarok kapcsolják össze, melyek távolsága a kétoldali anyacsavarokkal értelemszerűen állítható.



VIII-1. ábra

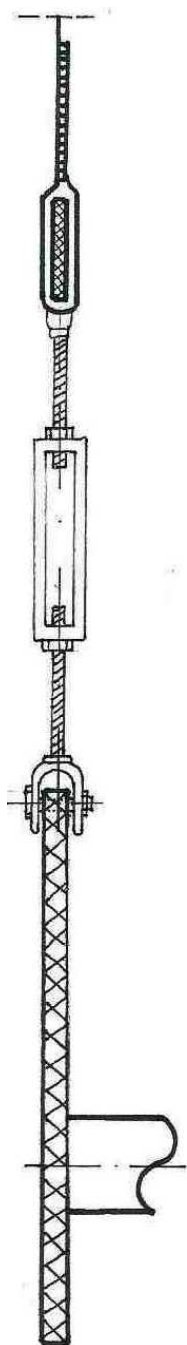


VIII-2. ábra



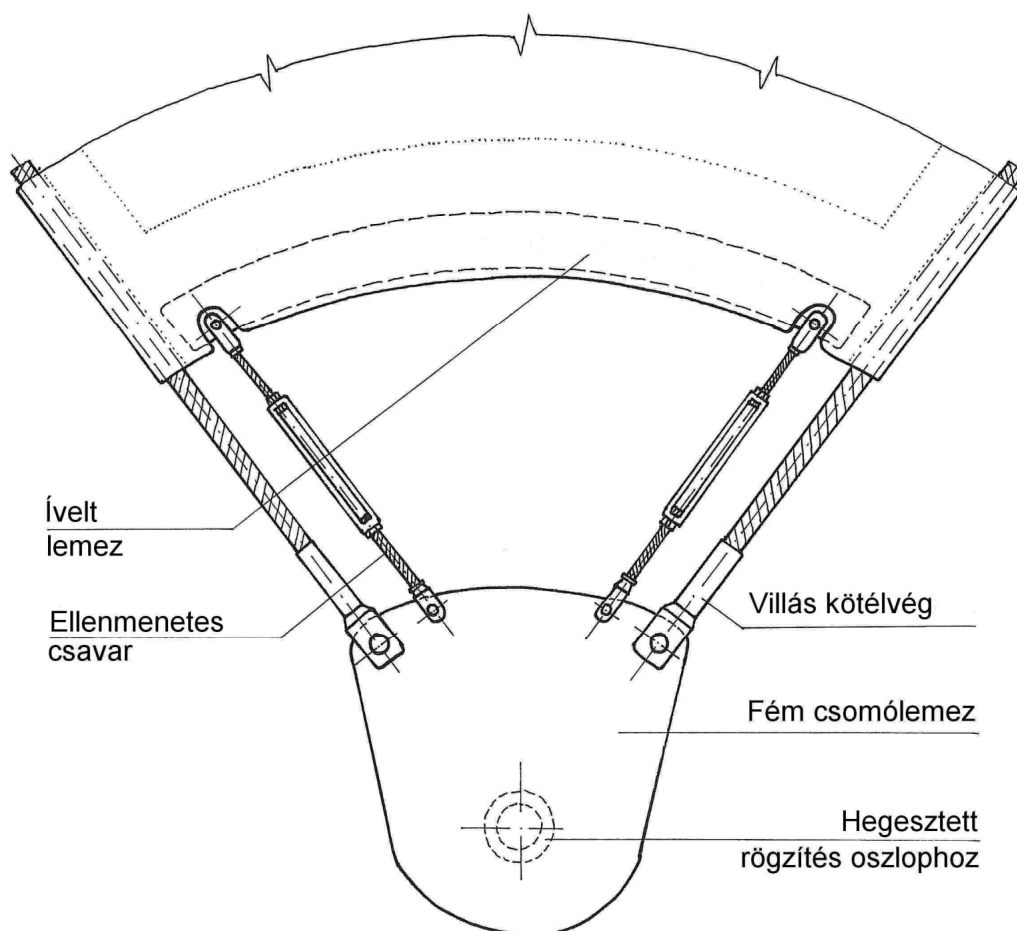
VIII-3. ábra

Megoldások saroktól eltartott ponyvával – 1. megoldás



VIII-4. ábra

A membrán egy ívelt fémlapot borít körbe, majd ezt a lapot két ellenmenetes csavarral a megfelelő helyre tudjuk húzni – a kötéllal párhuzamos erők átadódnak a membránról a fémlapra, mely a csavarok által állíthatóvá válik. A teherhordó kötél végfoglalatát egy merev, fém csomólemezhez van csavarozva. A csomólemez egy teherközvetítő oszlopra van hegesztve.



VIII-5. ábra



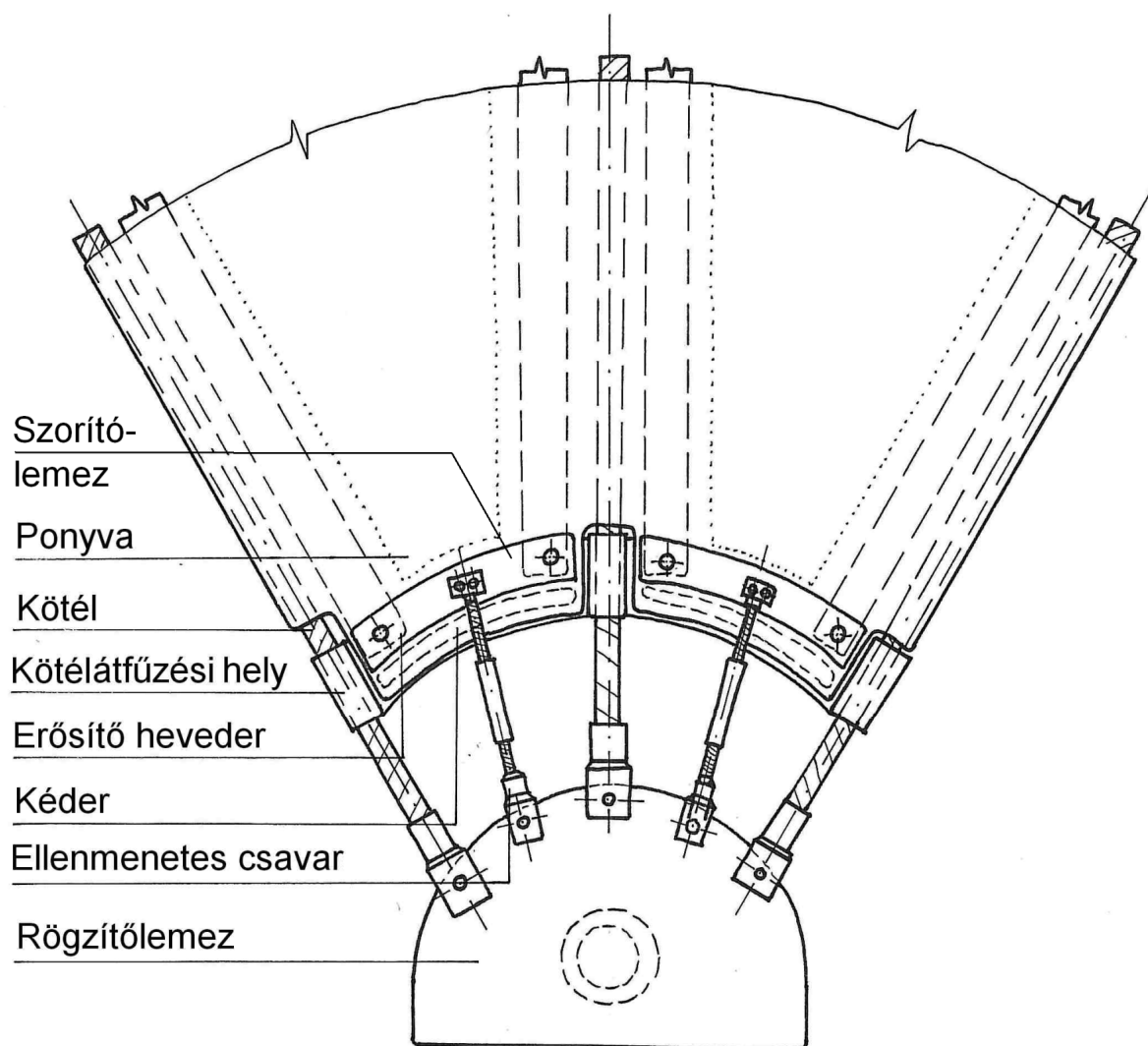
VIII-6. ábra



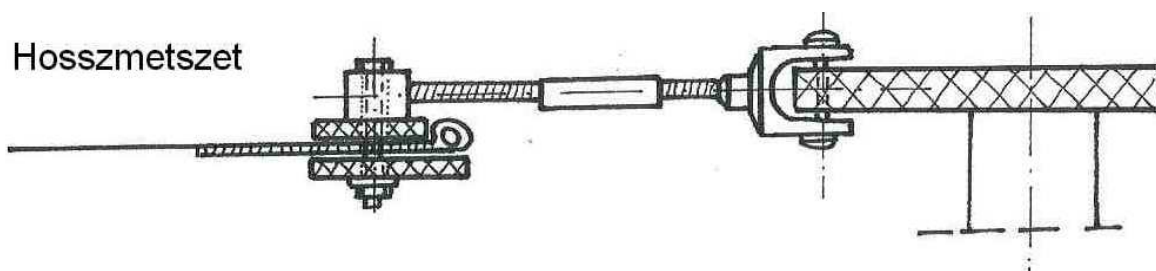
VIII-7. ábra

Megoldások saroktól eltartott ponyvával – 2. megoldás

A ponyva a befutó kötelek mentén végig hevederekkel van megerősítve. A ponyvával kédert borítunk körbe, a hevederekkel együtt pedig szorítólemezekkel csavarozzuk az ívelt feszítőlemezekhez - majd ezt az egészet ellenmenetes csavarokkal a hátsó rögzítő lemezhez kötjük. Az ellenmenetes csavarral állítható a kötéllel párhuzamos erők felvétele, a kötéln hossz (ezáltal a kötélre merőleges erők felvétele) viszont nem állítható.



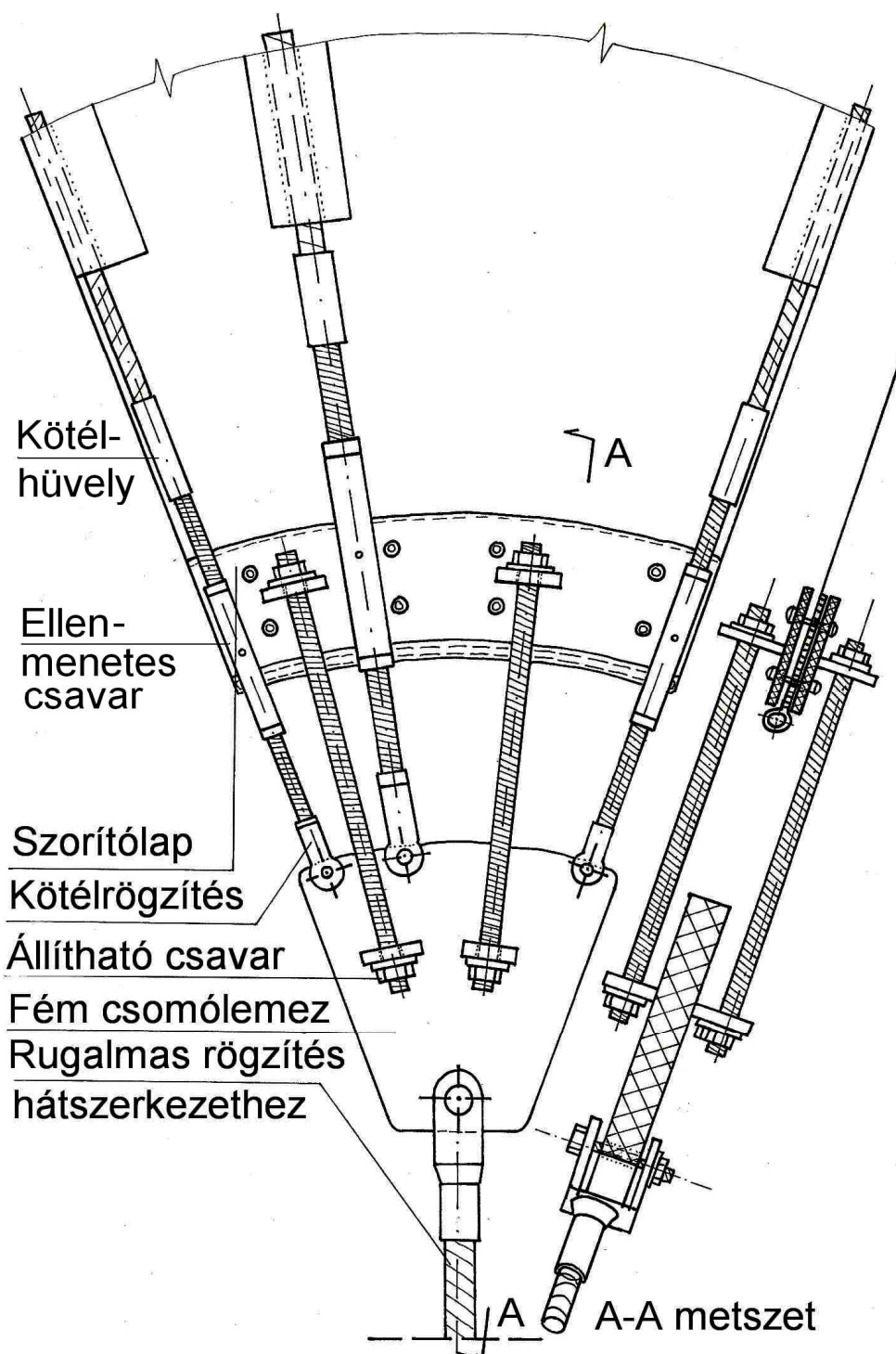
VIII-8. ábra



VIII-9. ábra

Megoldások saroktól eltartott ponyvával – 3. megoldás

Ennél a csomópontnál az erőkövetítő csomólemezhez három sodronykötél rögzül. A kötelek egy-egy ellenmenetes csavarban végződnek, bizonyos mértékben tehát állítható a kötélhossz (és ez által a kötélshög). A kötéllal párhuzamos erőket úgy vesszük föl, hogy a ponyva végződését két, ívelt fémlappal összeszorítjuk és összezsavarozzuk. A súrlódáson kívül a membránt kéder tartja a két fémlap közt. A csomólemez és a szorítólapok mindkét oldalukon síkjukra merőleges rögzítő lapokkal rendelkeznek, ezeket csavarokkal kapcsolhatjuk össze. A szorítólapok és a csomólemez közti táv állításával hangolhatjuk a kötéllal párhuzamos erőket.



VIII-10. ábra



VIII-11. ábra



VIII-12. ábra

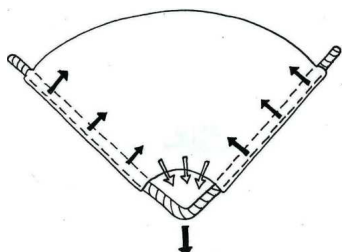
IX. Fejezet – Megszakítatlan köteles megoldások

Ezeknél a megoldásoknál a teherhordó peremkötél megszakítatlanul halad tovább a sarokcsomóponton. A sarokcsomópontban a meridián és gyűrű irányban ható feszültségek itt is egyetlen húzóerő formájában koncentrálnak, amelyet majd a lehorgonyzások felé közvetíteni kell. Aszerint, hogy a ponyvában és kötélben működő erőket hogyan gyűjtjük össze, két elvet különböztethetünk meg.

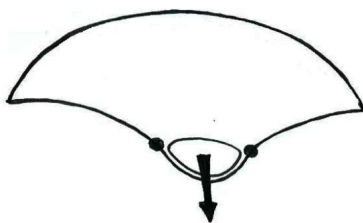
Az első elv szerint egyszerűen beakasztunk egy szerkezetet a kötélbe a ponyva kivágásánál, és a kötelet meghúzzuk a megfelelő irányba (IX – 4-5. ábrák). Tulajdonképp a kötelet feszítő erő útjába teszünk egy elemet, amellyel a feszítő erőt kapcsolatba hozhatjuk a hátszerkezettel, így létre tud jönni a megtámasztó ellenerő. Mivel itt a ponyvában terjedő, kötéllel párhuzamos erők nem kerülnek felvételre, ez a megoldás csak kis szerkezeteknél használható, illetve olyan kialakításoknál, ahol a kötelek által bezárt szög a 180° -hoz közelít (α tart 0-hoz – IX-6. ábra). Hosszanti peremeknél például alkalmazható, ahol a lineáris sorolás miatt nem jelentős a felcsúsztató erő (IX-3. ábra).

A második elv szerint a ponyvát összeszorítjuk - az összeszorító lemezek egyrészt súrlódási erőt hoznak létre, valamint a megfeszített kötél útjában állnak. A megfelelő szerkezettel így is közvetíthetők a húzóerők a hátszerkezethez (IX-7-9. ábrák).

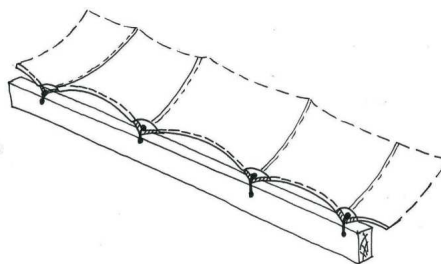
A IX-2. ábrán ábrázolva van, hogy a szorítólemezek egy ívre kényszerítik a kötelet. Ahogy a kötél kilép ebből a helyzetből, inflexiós pont következik, és a kötél a húzóerők miatt ellentétes görbületre tesz szert.



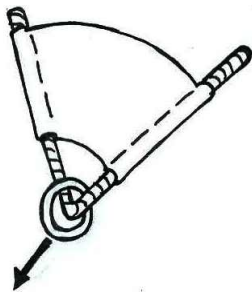
IX-1. ábra



IX-2. ábra



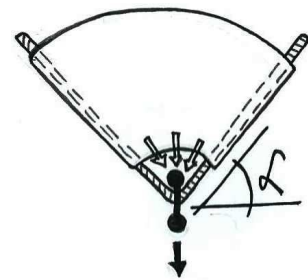
IX-3. ábra



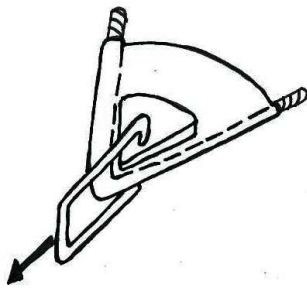
IX-4. ábra



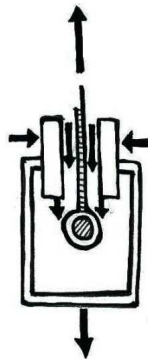
IX-5. ábra



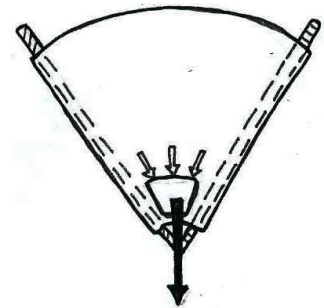
IX-6. ábra



IX-7. ábra



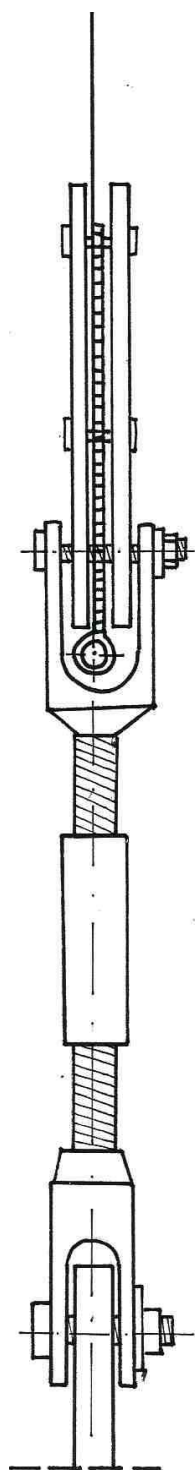
IX-8. ábra



IX-9. ábra

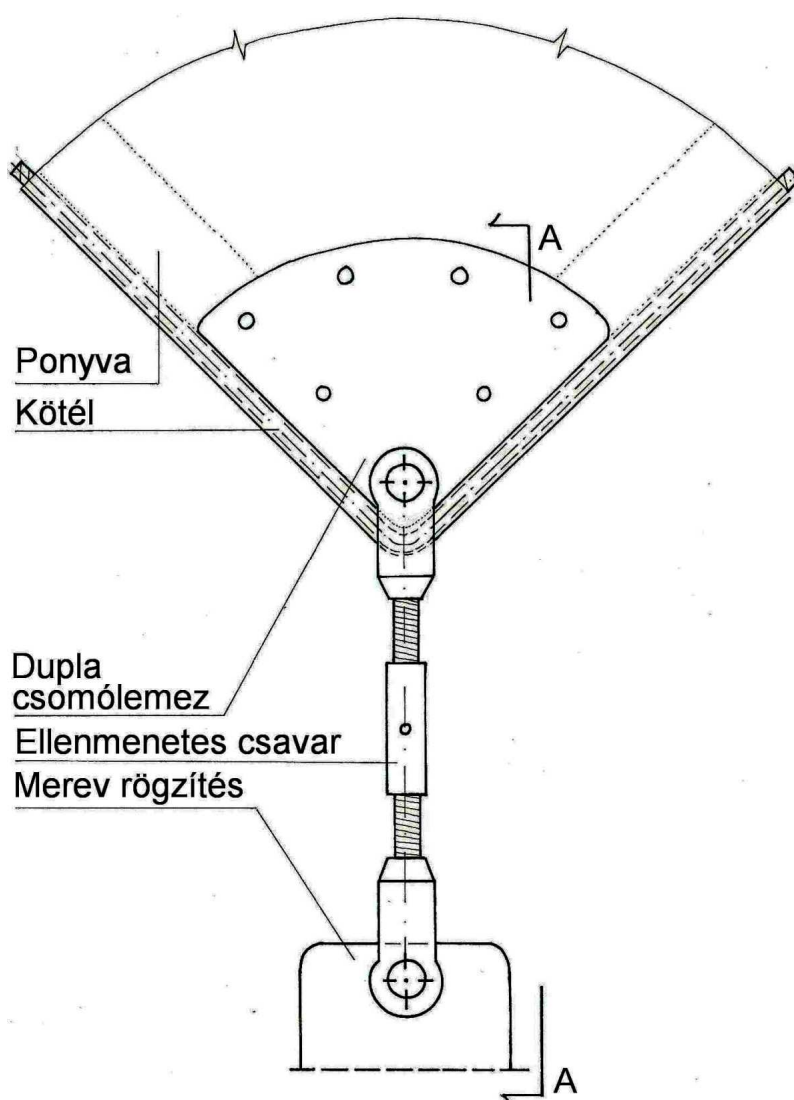
Megszakítatlan kötelek – 1. megoldás

A teherhordó köteleket két, íves fémlap (csomólemezt) segítségével a kívánt helyre feszítjük. A két csomólemezt csavarokkal szorítjuk össze: a membránt egyrészt súrlódási erő tartja a helyén, másrészt az, hogy a ponyvával körbeborított kötélt útjában állnak a lemezek. Az ellenmenetes feszítőcsavarral, amely a csomólemezeket fogja össze, állíthatjuk a merev hátszerkezettől való távolságot.



A-A metszet

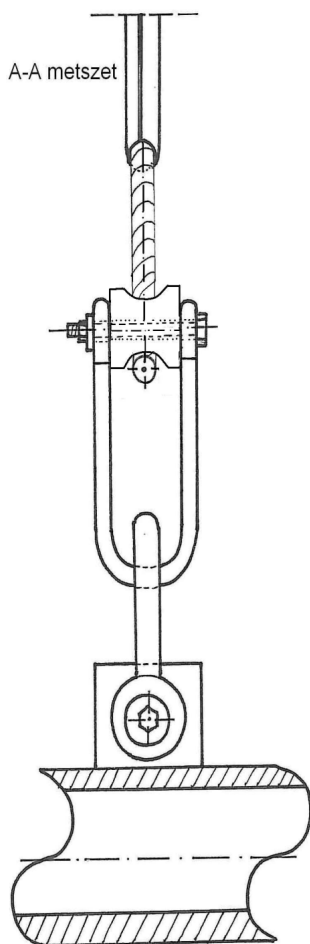
IX-10. ábra



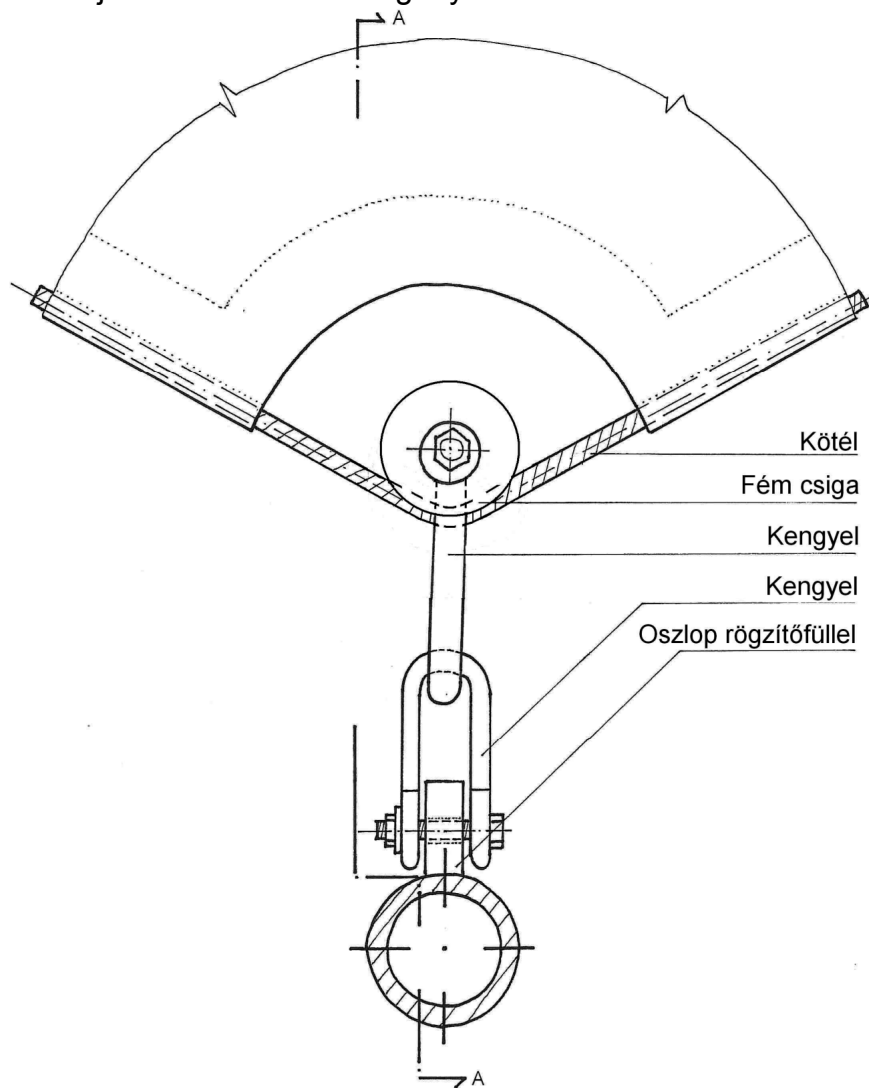
IX-11. ábra

Megszakítatlan kötelek – 2. megoldás

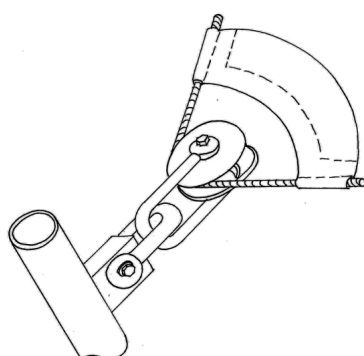
Ezen a megoldáson a kötelet egy fém csiga segítségével feszítjük a kívánt helyre, a ponyva felcsúszását (és egyben meridián irányú felszakadását) semmi sem gátolja. A megoldás emiatt csak kis szerkezeteknél alkalmazható, valamint fontos, hogy a kötel minél nyitottabb legyen (a két kötel által bezárt szög a 180° -hoz közelítsen), ezáltal ne ébredjen felfelé csúsztató igénybevétel.



IX-12. ábra



IX-13. ábra



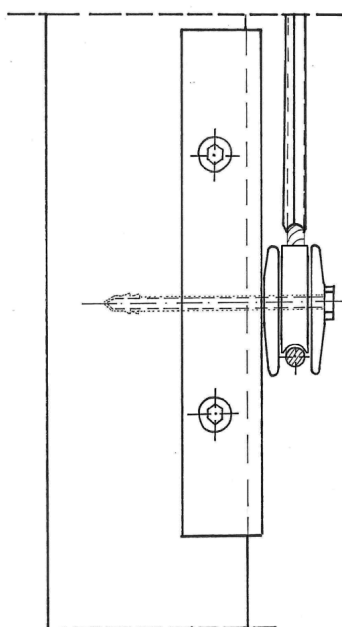
IX-14. ábra



IX-15. ábra

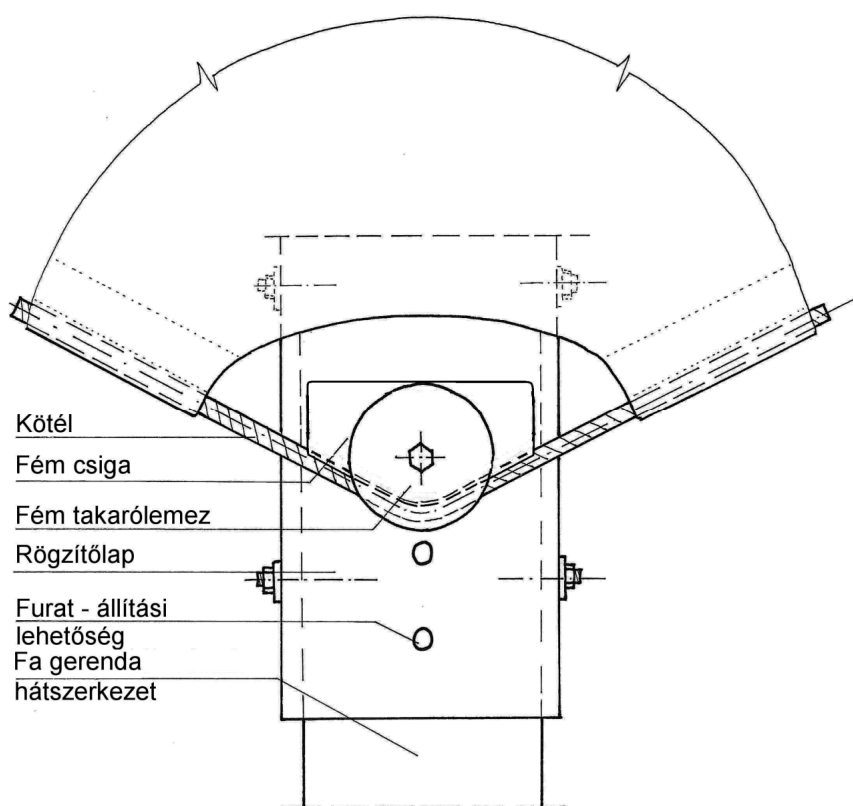
Megszakítatlan kötelek – 3. megoldás

Működését tekintve ez a megoldás azonos az előzővel. Két fém takarólemez közé egy meghatározott szöggel rendelkező rozsdamentes vagy horganyzott acél feszítőelemet (csigát) csavarozunk, a csavar helye a fa gerendára fűrt hátszerkezeten változhat. A ponyva felcsúszását és meridián irányú felszakadását itt sem gátolja kiegészítő szerkezet (pl. heveder), ezért a megoldás csak kis szerkezeteken alkalmazható. A kötelek nyílásszöge minél közelebb kell, hogy álljon a 180° -hoz. A két fém körlemez akadályozza meg a kötélcúszását a feszítőelemtől (csigától).

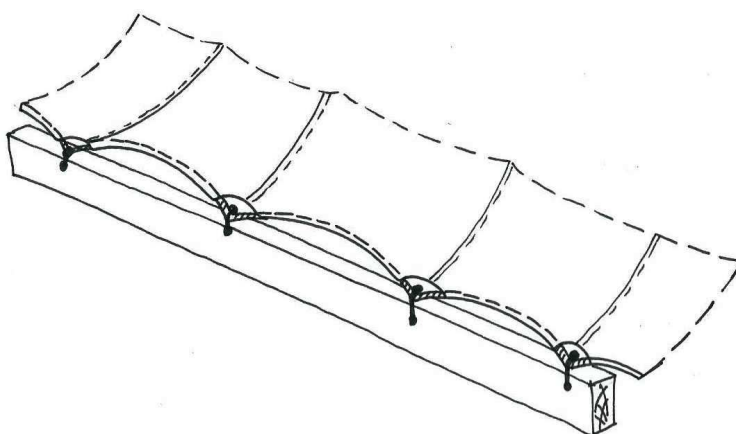


IX-16. ábra

Hosszmetszet



IX-17. ábra



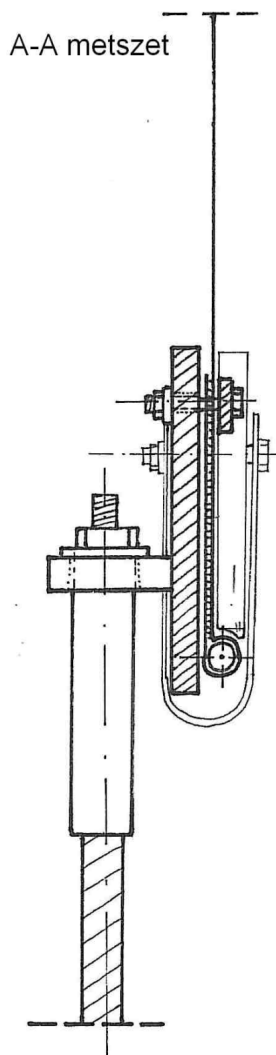
IX-18. ábra



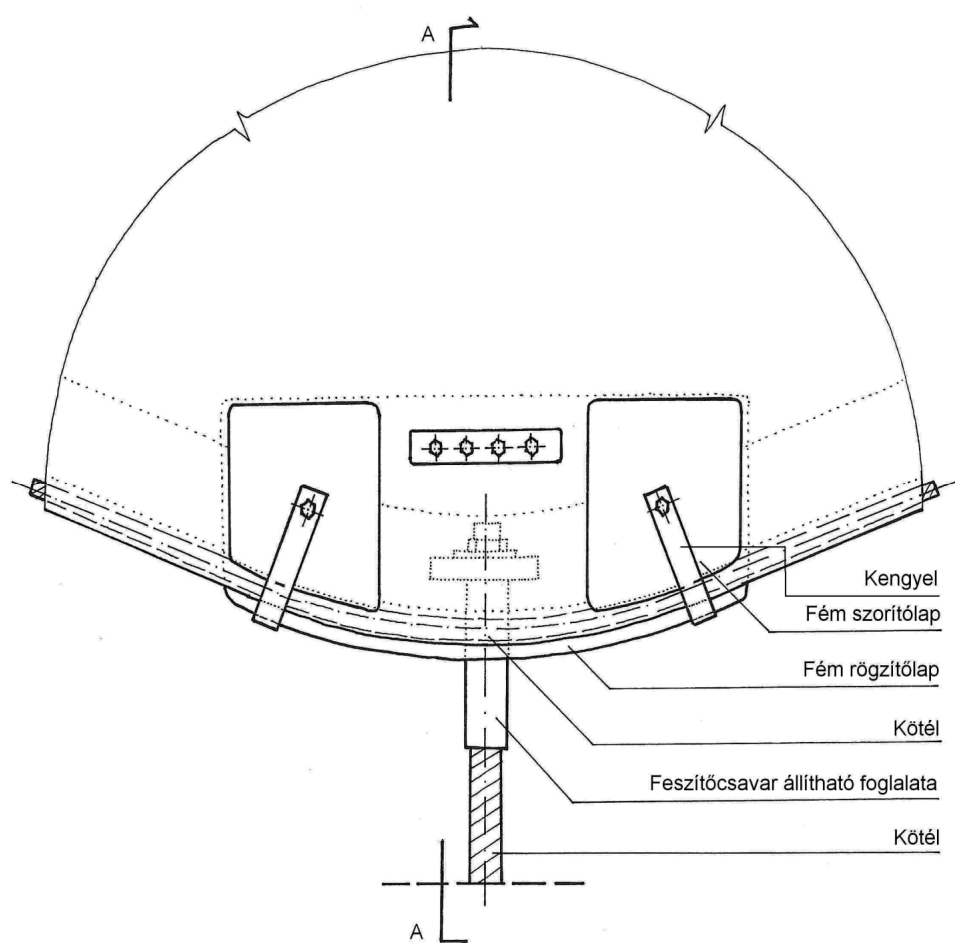
IX-19. ábra

Megszakítatlan kötelek – 4. megoldás

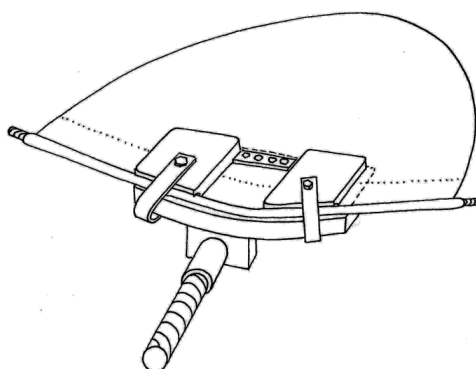
A megszakítatlan kötelet a ponyvával együtt egy horganyzott vagy rozsdamentes acéllemezre fektetjük fel, és csavarok segítségével további két lemezzel szorítjuk hozzá. Ez a két szorítólap meghatározza a kötel futásának ívét a megtámasztott szakaszon. Az egész csomólemez egy alsó, merőlegesen kiálló lappal rendelkezik, amin csavaros végfoglat segítségével átfűzhetjük a hátszerkezethez kapcsolódó, feszítőcsavarban végződő kötelet – a csavarral állíthatóvá válik ez a hossz is. Rossz beállítás esetén a ponyva a szorítólapok körül fel tud szakadni.



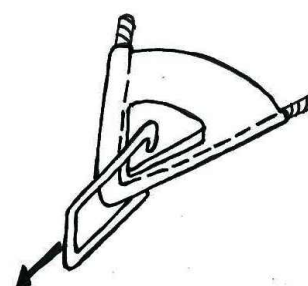
IX-20. ábra



IX-21. ábra



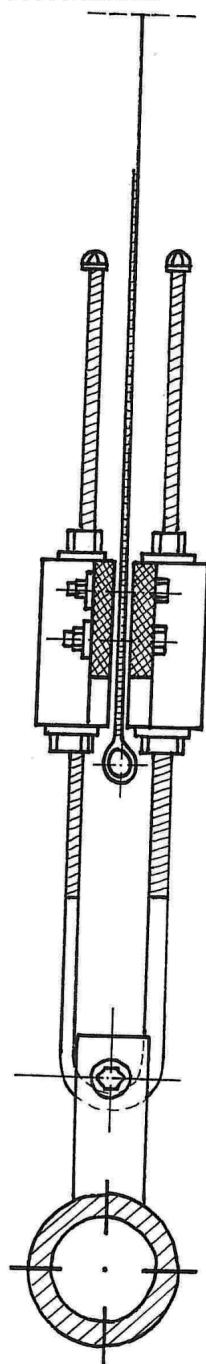
IX-22. ábra



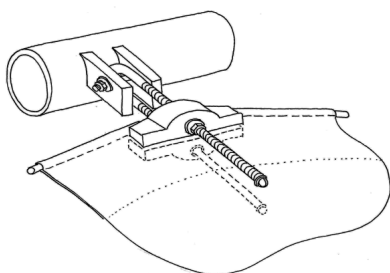
IX-23. ábra

Megszakítatlan kötelek – 5. megoldás

A-A metszet

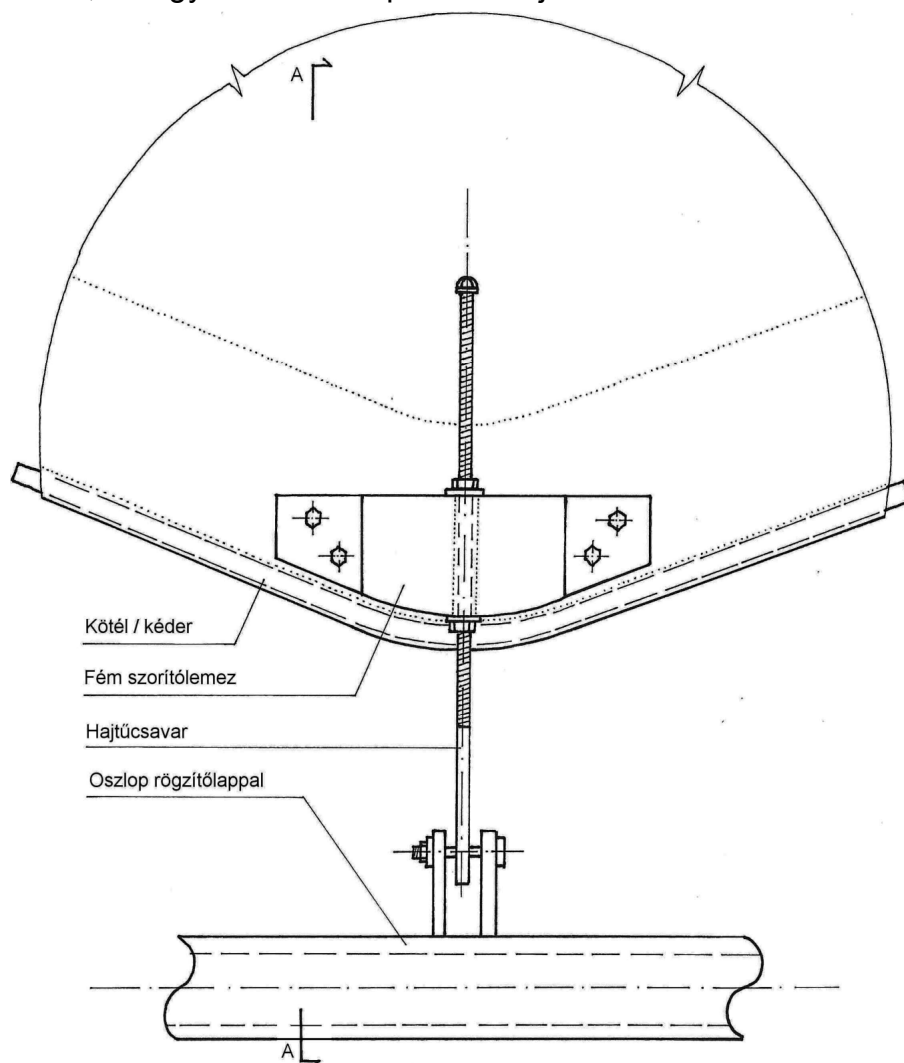


IX-24. ábra

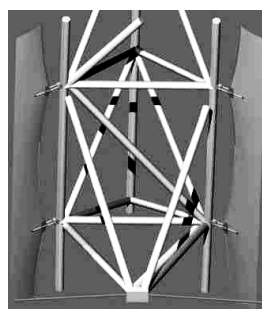


IX-26. ábra

A teherhordó kötelet (kis szerkezeteknél kéder) ezzel a megoldással szintén nem szakítjuk meg, hanem két, ívesen kialakított szorítólemezzel meghatározott szögben össze, majd a kívánt helyre feszítjük. A két szorítólemez egy hajtúcsavaron helyezkedik el, hátszerkezettől való távolságuk a csavarozás folyamán állítható. A hajtúcsavar szintén csavarral kapcsolódik a rögzítő lapokkal ellátott oszlophoz. Beállításnál fontos, hogy a hajtúcsavar a membránra merőlegesen tudjon forogni – ellenkező esetben a ponyvát a szabad vége felszakítaná, még akkor is, ha egy rácsavart kupakkal védjük.



IX-25. ábra



IX-27. ábra

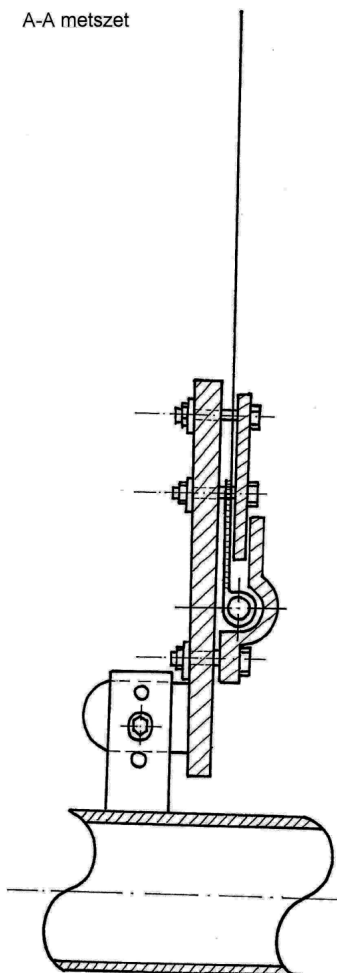


IX-28. ábra

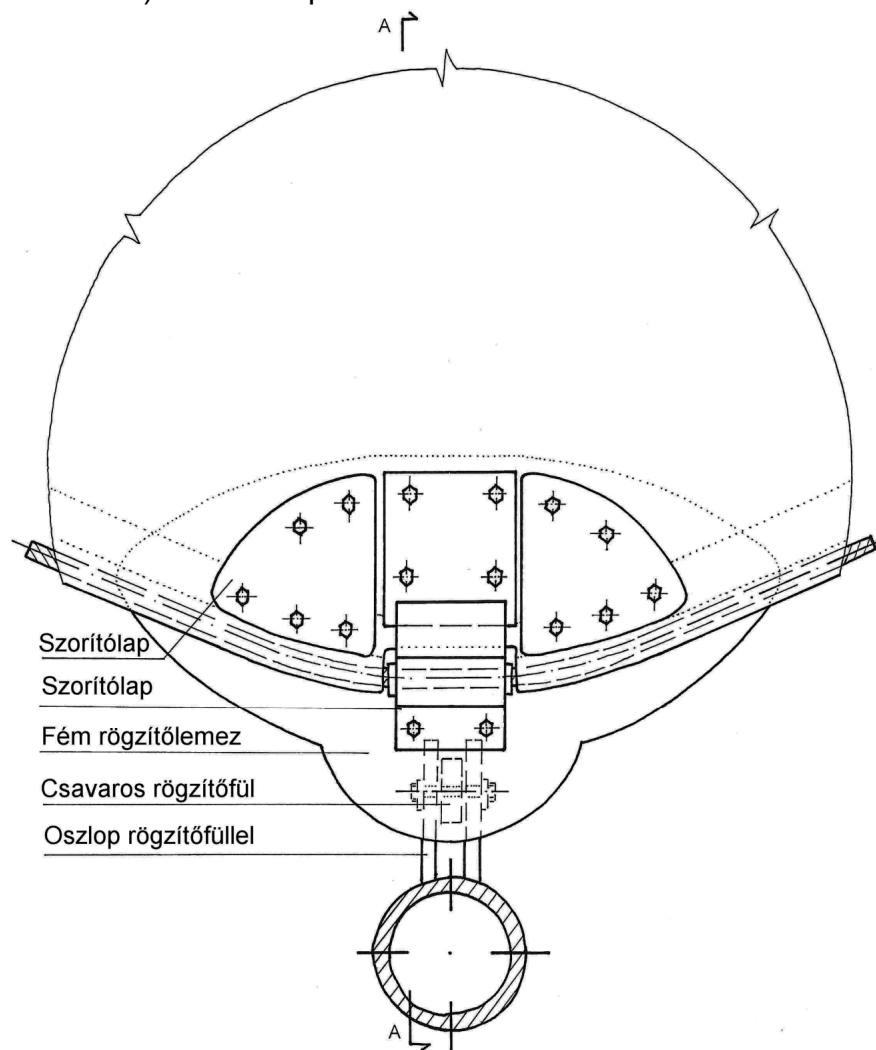
Megszakítatlan kötelek – 6. csomópont

A teherhordó köté a ponyvával együtt egy fém csomólemezzre fekszik fel, melyhez szorítólapokkal van hozzárögzítve. A lapok összeszorítják a ponyvát az alsó lemezzel, és meghatározzák a köté futásának ívét. A csomólemez egy alulsó, merőleges rögzítőlappal rendelkezik, ezt csavarozzuk össze a hátszerkezet (oszlop) rögzítő lapjaival. A lemez és az oszlop távolsága már itt állítható. Jellemző tönkremenetel, hogy a ponyva fel akar emelkedni a lemeztől, és (a 4. megoldáshoz hasonlóan) a szorítólapok körül felszakad.

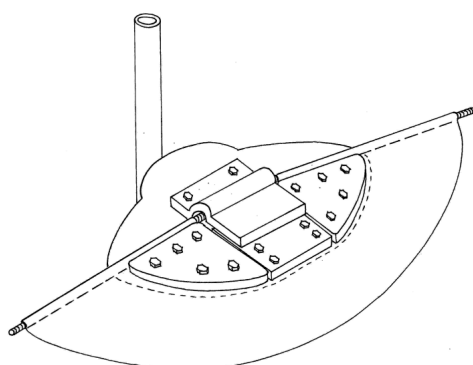
A-A metszet



IX-29. ábra



IX-30. ábra



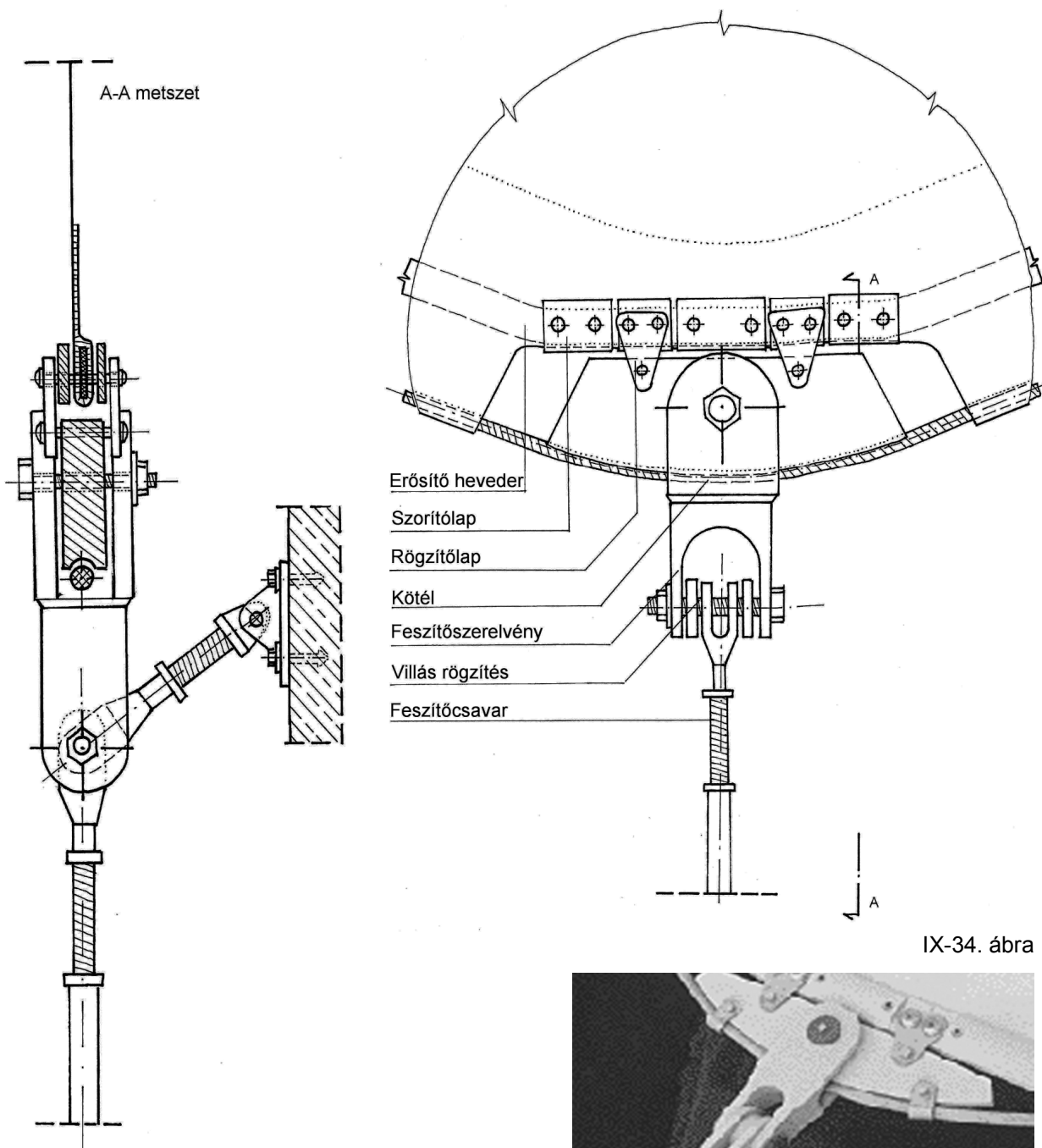
IX-31. ábra



IX-32. ábra

Megszakítatlan kötelek – 7. csomópont

A membránt egy többcsuklós szerkezet kapcsolója a hátszerkezethez, mely, ahogy az A-A metszeten látszik, (részben) lehet merev vasbeton lemez is. A többcsuklós szerkezet egy tömör acéllapot tart meg csavaros kapcsolattal, melynek íves, külső oldalán egy horony fut végig – ebbe feszül bele a teherhordó kötél. A ponyvát a kötéllel párhuzamosan hevederrel erősítjük meg, ez az említett tömör acéllaphoz fém szorítólapokkal van hozzárögzítve – így akadályozzuk meg a ponyva felcsúszását és meridián irányú felszakadását. Ahogy a kötél kilép az acéllap mögül, inflexió következik be az ellenkező irányú feszítőerők miatt.



IX-33. ábra

IX-34. ábra



IX-35. ábra

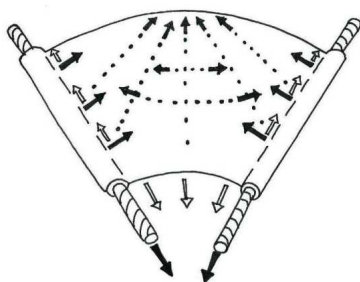
X. Fejezet – Lágy peremhez kapcsolt sarokkialakítások

Ezeknek a csomópontoknak közös jellemzője, hogy a kötél és a ponyva kapcsolata nem a ponyvának a kötélen történő átborításával van megoldva (X-1-2. ábrák), hanem egy, a kötéltre merőleges erőket átadó erőközvetítő szerelvényt alkalmazunk - ún. lágy peremet alakítunk ki. Az, hogy a ponyva és a kötél kapcsolata nem közvetlen (X-3-4. ábra), tehát hogy a nehéz, nagy terheket közvetítő sodronykötél nem a ponyvából kialakított „tasakban” fut, bizonyos mértékben kiküszöbölhetővé teszi a peremkötél mentén létrejövő gyűrődéseket. Ezek a kialakítások nagy kivitelezési precizitást igényelnek, illetve drágábbak.

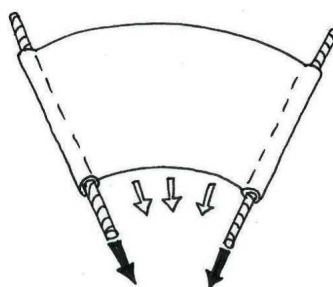
Lágy peremek kialakításának rengeteg módja van – ez a szerkezetismertető most nem az erőközvetítő szerelvényekre koncentrál, hanem a sarokcsomópontokra. Lágy peremeknél a leggyakoribb és legprecízebb megoldás az, hogy a ponyvával egy kédert borítunk körbe. A ponyvát két szorítólap fogja össze, súrlódási erő ébred, valamint a kéder gátolja a ponyva kicsúszását – egy függesztő szerelvényen keresztül aztán ezek a tengelyre merőleges húzóerők átadódnak a kötélnak (X-5-6. ábrák).

A kialakított lágy perem lehet folytonos (X-4. ábra, jobb oldal), illetve lehet szakaszos (X-4. ábra, bal oldal), előbbi jóval biztonságosabb a gyűrődések szempontjából, igényesebb és esztétikusabb.

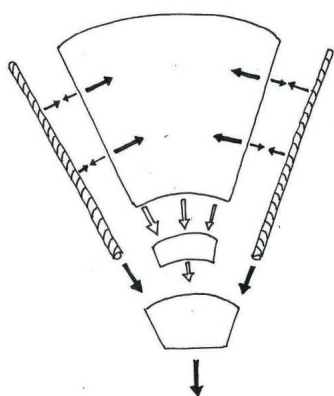
A felsorolásra kerülő csomópontok megoldások arra, hogy hogyan lehet egy sarokban egyesíteni a lágy peremként kialakított köteleket, valamint a ponyva felcsúszását gátló szerelvényeket. Utóbbi problémakörre rengeteg megoldás van - ami az alapelvet illeti, lehet szó egy, vagy akár több, láncszerűen összefüggő csomólemezről. Igen bonyolultak ezek a csomópontok, viszont ezekkel lehet az erőket a legpontosabban beállítani.



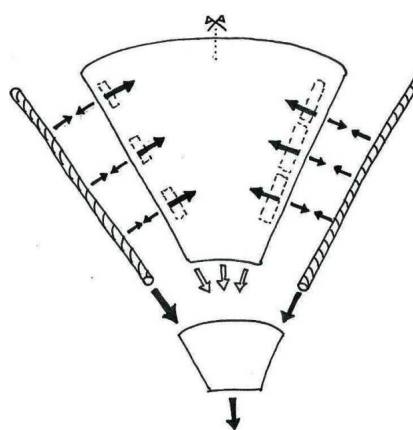
X-1. ábra



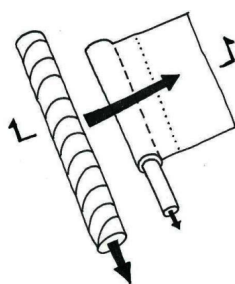
X-2. ábra



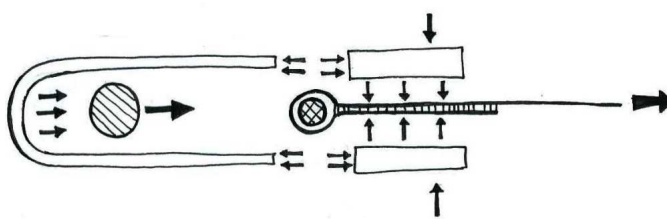
X-3. ábra



X-4. ábra



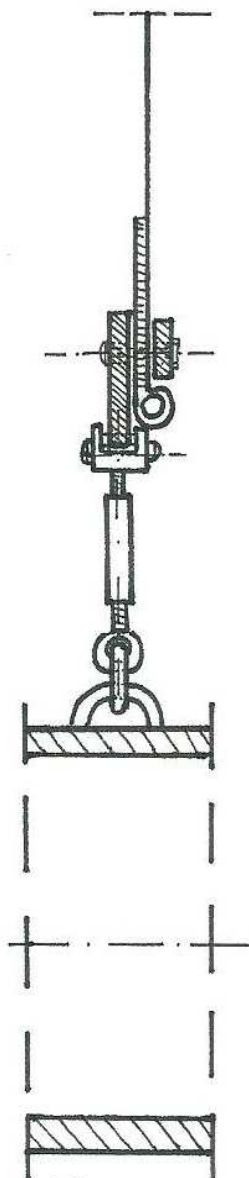
X-5. ábra



X-6. ábra

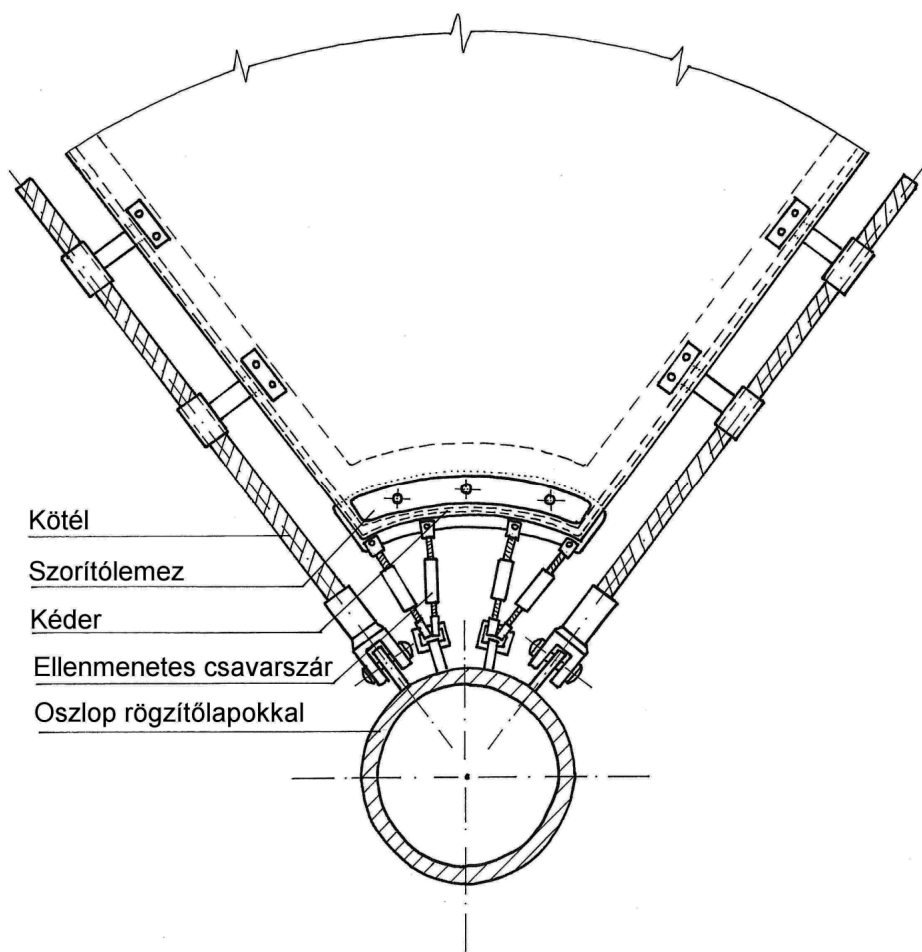
Kapcsolat lágy peremmel – 1. megoldás

Hosszmetszet



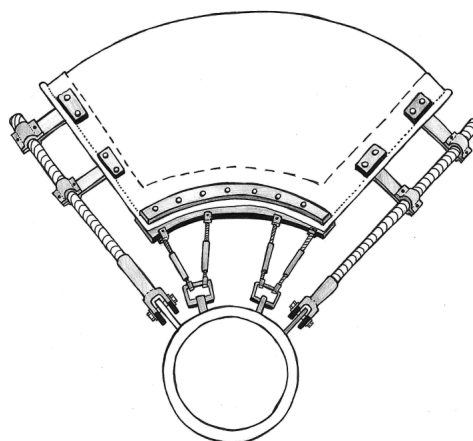
X-7. ábra

A teherhordó peremkötelek egy tartóoszlop rögzítő lapjaihoz kapcsolódnak. A ponyva függesztése szakaszonként, és nem folytonosan történik, így szinte elkerülhetetlenek a függesztő szerelvény szorítólapjai körüli ráncosodások. A kötéllal párhuzamos erők egy szorítólemezen keresztül adódnak le az oszlopnak – a lemez távolsága az oszloptól ellenmenetes csavarokkal állítható. A ponyva leszorításánál itt is használunk kédert.



Kötél
Szorítólemez
Kéder
Ellenmenetes csavarszár
Oszlop rögzítőlapokkal

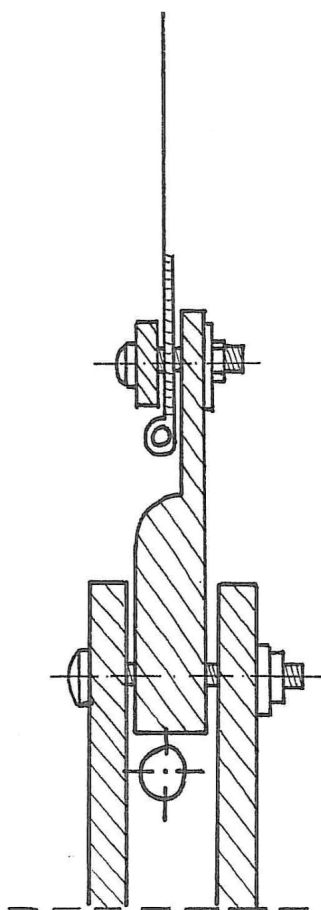
X-8. ábra



X-9. ábra

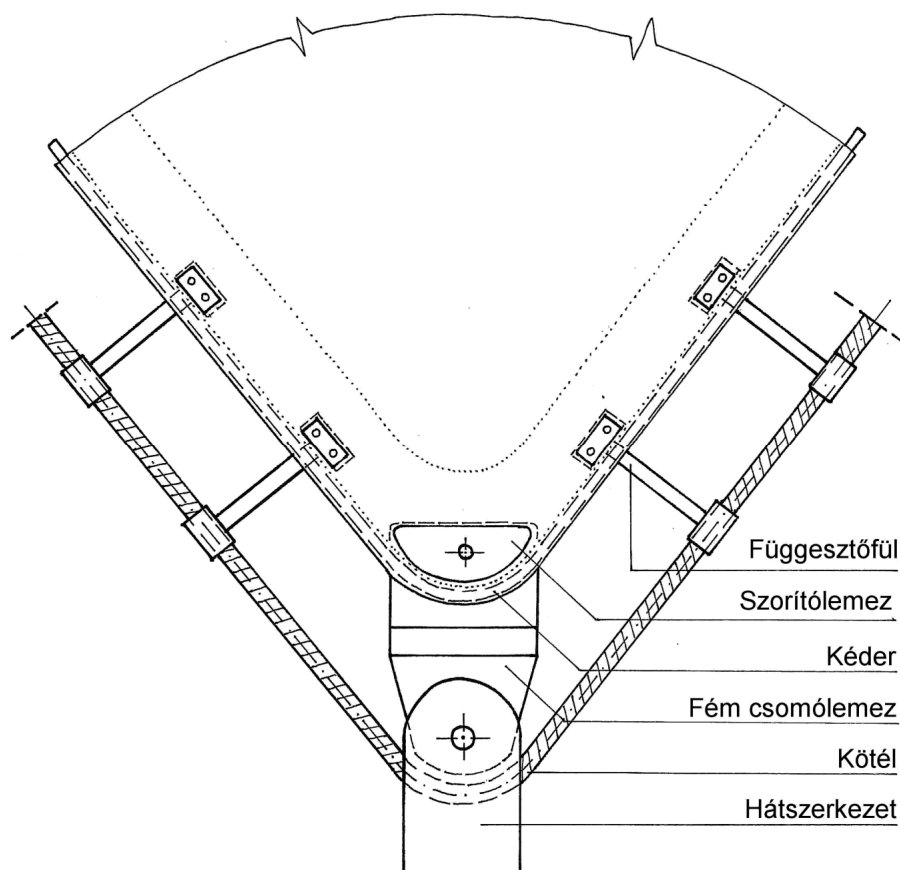
Kapcsolat lágy peremmel – 2. megoldás

A X - 10. ábrán a ponyva megfeszítését bemutató hosszmetset látható (kédert alkalmazunk), a X – 12. ábrán pedig a függesztő szerelvény metszete. Rossz beállításnál a ponyva könnyen felszakadhat a szorítólemez körül. A szakaszos függesztésnek ismételtlen az a hátránya, hogy a szerelvények szorítólapjai körül ráncosodások alakulhatnak ki.

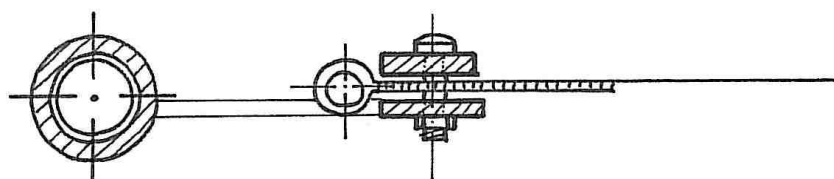


X-10. ábra

Hosszmetszet



X-11. ábra

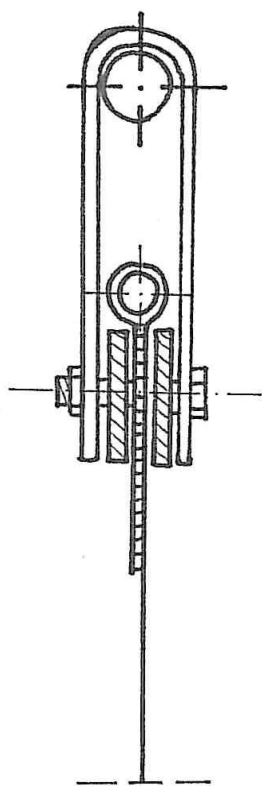


X-12. ábra

Függesztő szerelvény metszete

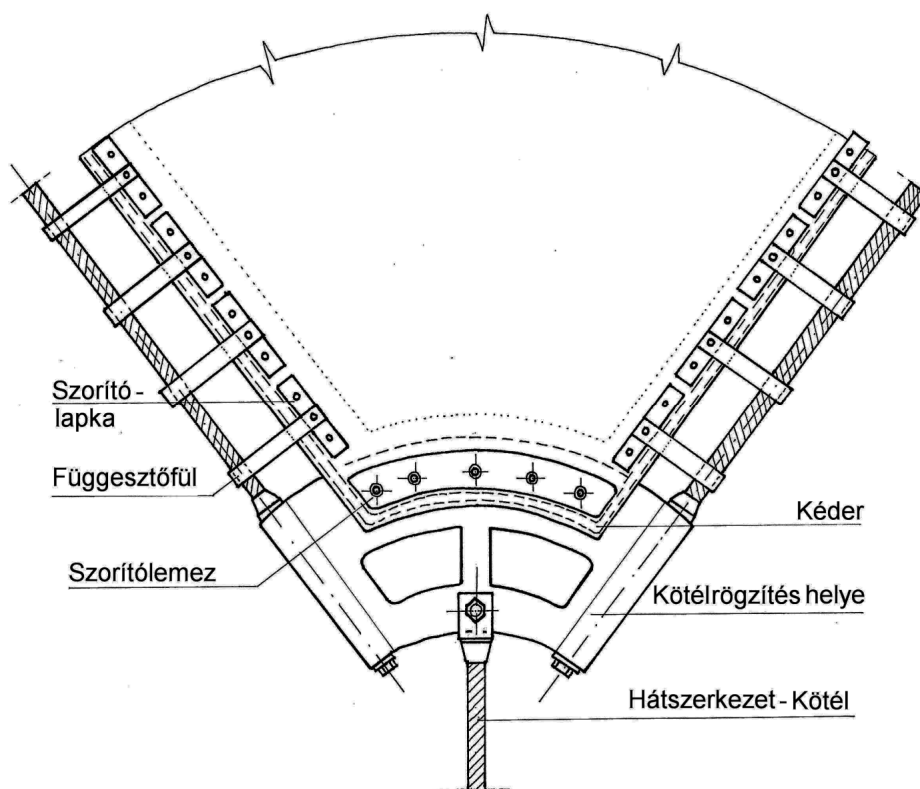
Kapcsolat lágy peremmel – 3. megoldás

Itt gyakorlatilag egy csomólemezes, kéderes megoldású csomópontot láthatunk, azzal a különbséggel, hogy a ponyvát itt folytonosan függesztjük a peremkötelekre. A X – 13. ábrán látható a (lehető legegyszerűbb) függesztő szerelvény metszete.

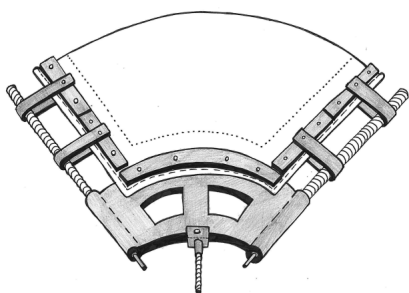


X-13. ábra

Függesztő
szerelvény metszete



X-14. ábra



X-15. ábra



X-16. ábra



X-17. ábra

Kapcsolat lágy peremmel – 4. megoldás

Hosszmetszet

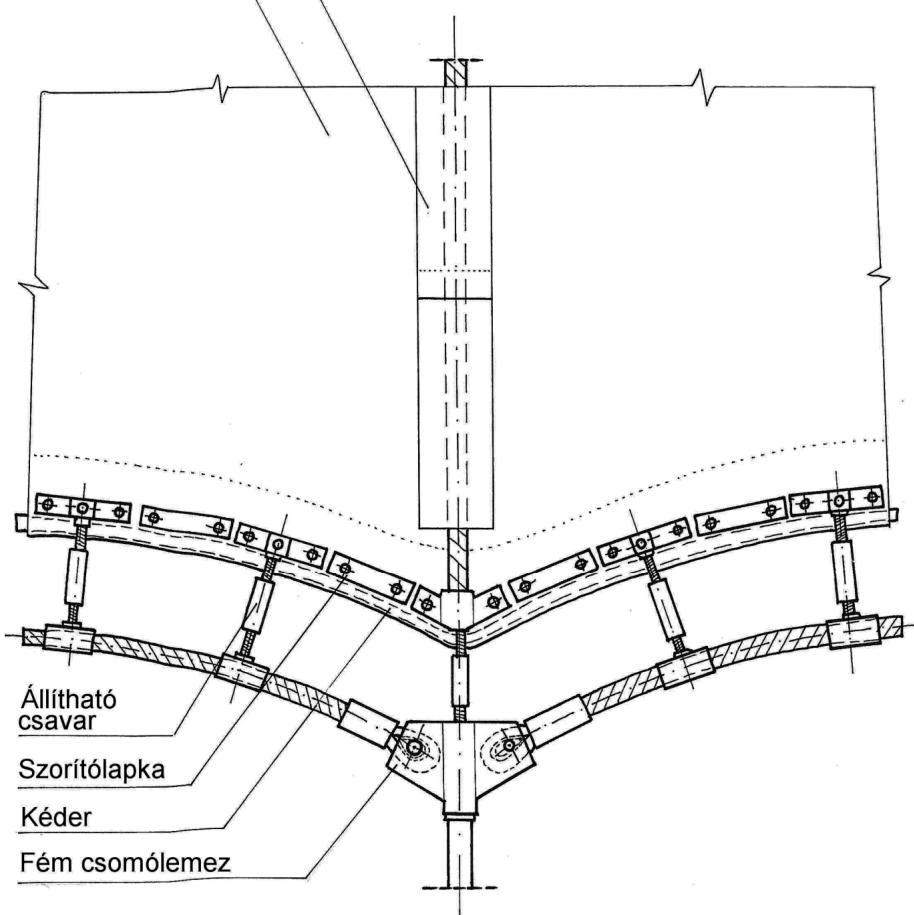


X-18. ábra

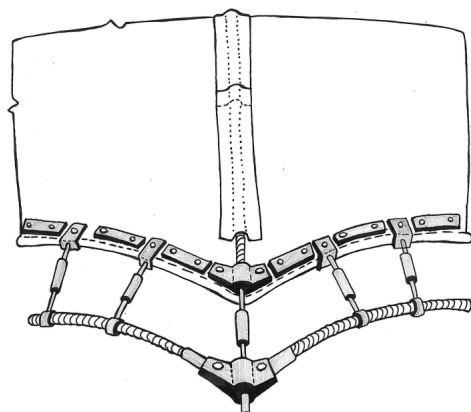
Újabb példát láthatunk folytonos felfüggesztésre, az oldalról befutó peremkötelek a fém csomólemezhöz kapcsolódnak, és kötélszívvel vannak ellátva. A középben befutó teherhordó kötélen ellenmenetes csavarban végződik, így állítható módon kapcsolhatjuk a fém csomólemezhöz. Egy ilyen bonyolult kapcsolat kivitelezéséhez nagy precizitás szükséges.

Kötélborítás

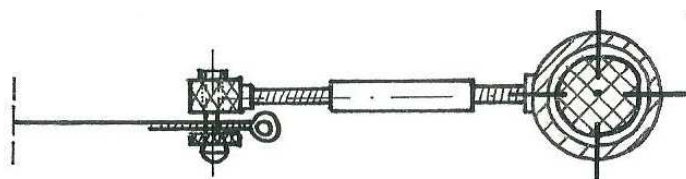
Ponyva



X-19. ábra



X-20. ábra

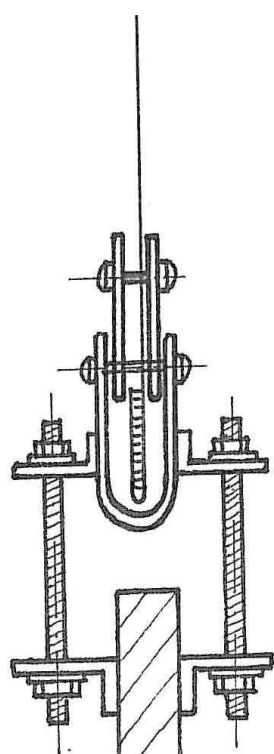


Függesztőszerelvény
metszete

X-21. ábra

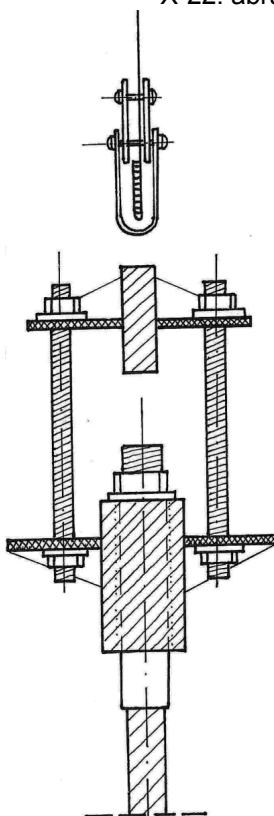
Kapcsolat lágy peremmel – 5. megoldás

Ez az egyik legösszetettebb megoldás. A függesztő szerelvény már ismert (X – 13, 25. ábrák), nem úgy a kötéllel párhuzamos erők felvétele. A függesztésben használt kédert, mely itt fémből készül, egy külön csomólemezzre futtatjuk ki. Állítható csavarokkal fogjuk össze a feszítőlemezt és a csomólemezt, valamint a ponyva összeszorítása sem tipikus, a X – 28. ábrán látható. Igen nagy erők finom beállítására van lehetőség ezzel a megoldással.



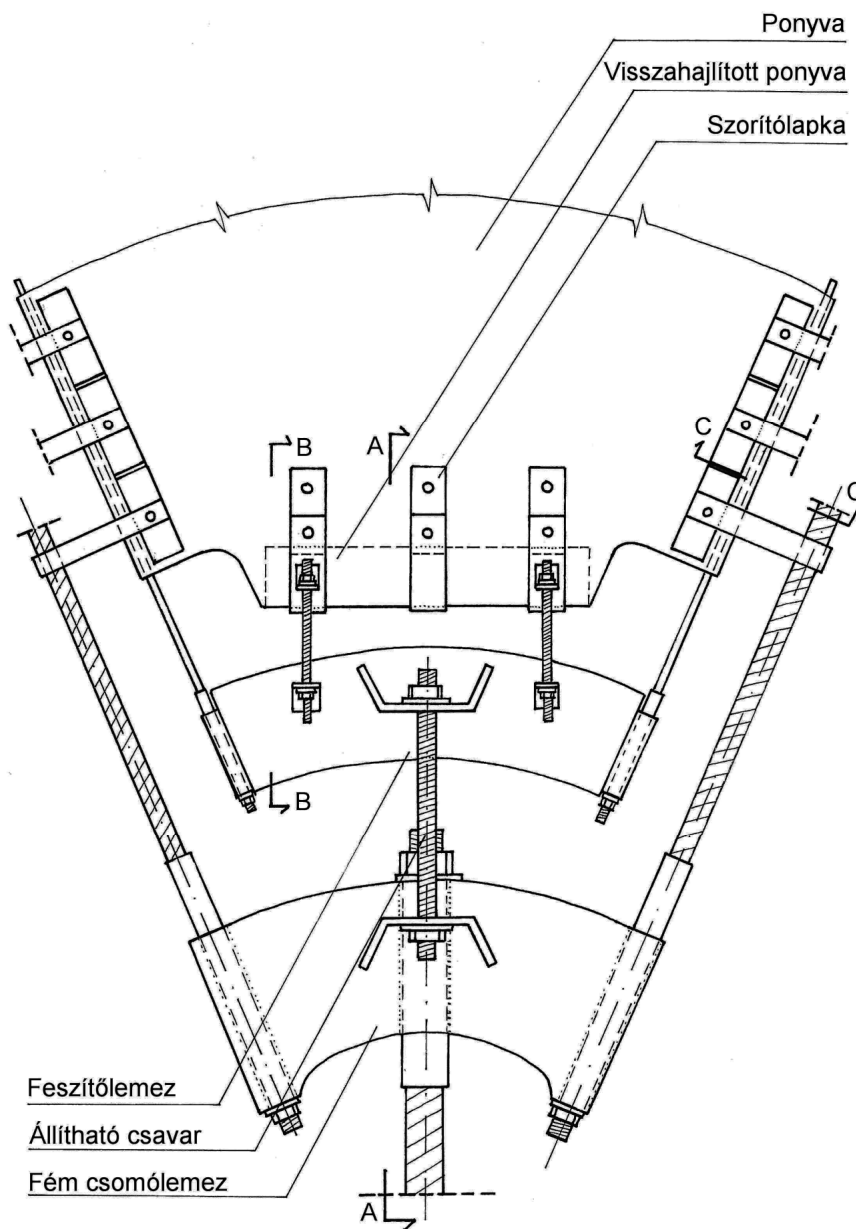
B-B metszet

X-22. ábra

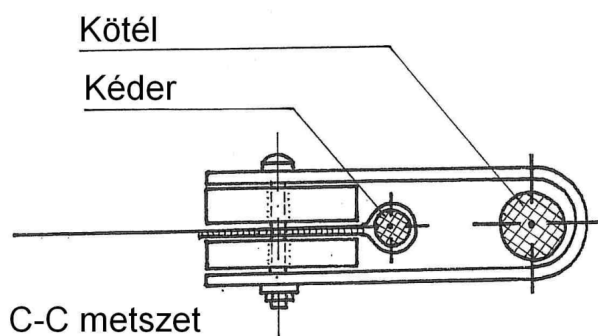


A-A metszet

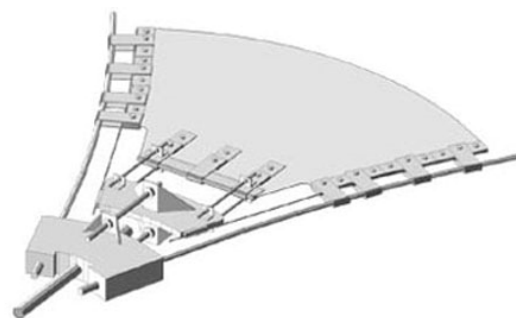
X-23. ábra



X-24. ábra



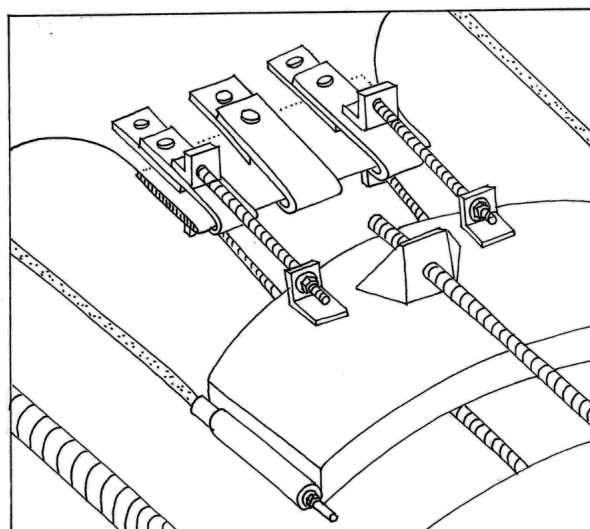
X-25. ábra



X-26. ábra



X-27. ábra



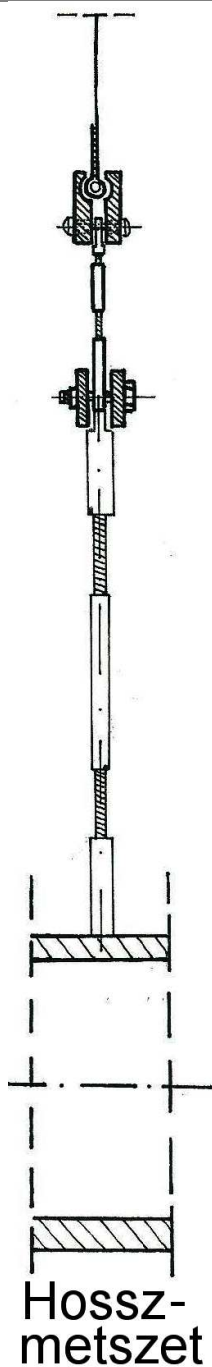
X-28. ábra



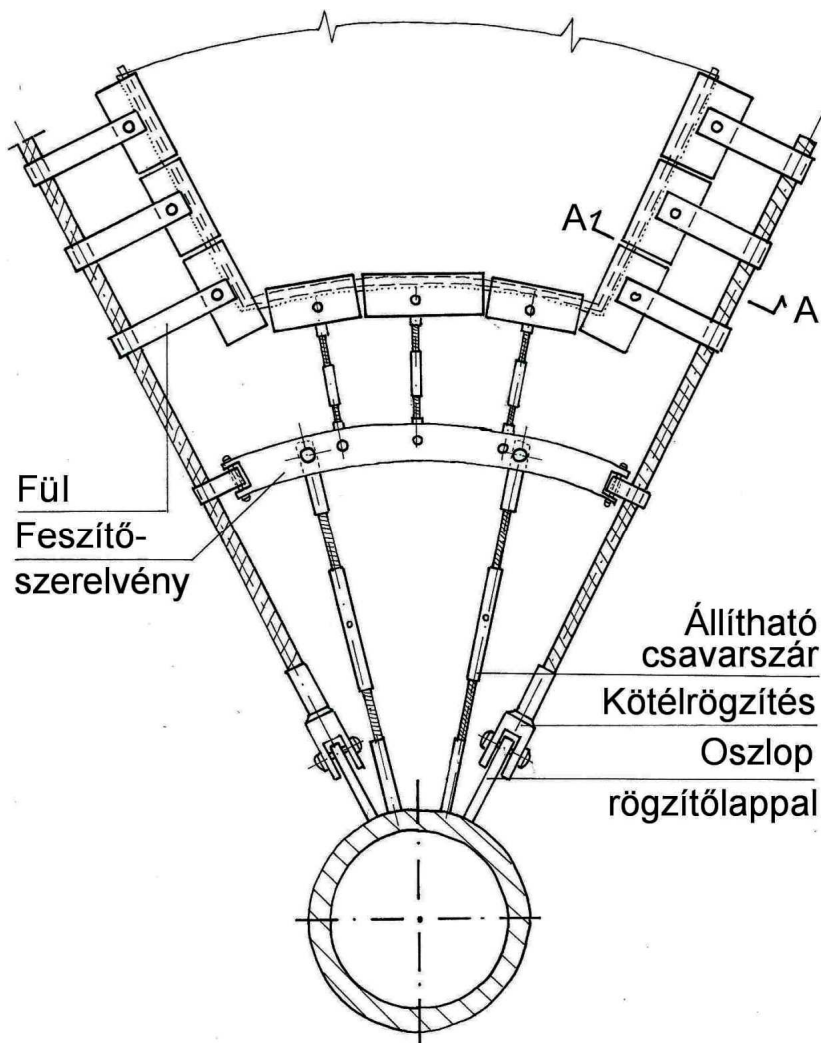
X-29. ábra

Kapcsolat lágy peremmel – 6. megoldás

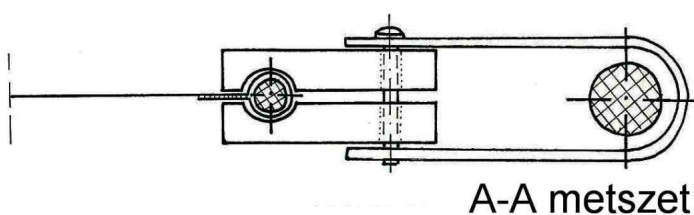
A függesztő szerelvény (az A-A metszeten látható) igen szép, modern megoldás (nem látszik a kéder), általa az egész kialakítás minőségivé válik. Az egész sarok úgy van kialakítva, mintha egy körbefutó lágy perem lenne. Ellenmenetes csavarokon keresztül, állítható módon adódnak le az erők a hátszerkezetnek, egy rögzítő lapokkal ellátott oszlopnak.



X-30. ábra



X-31. ábra



A-A metszet

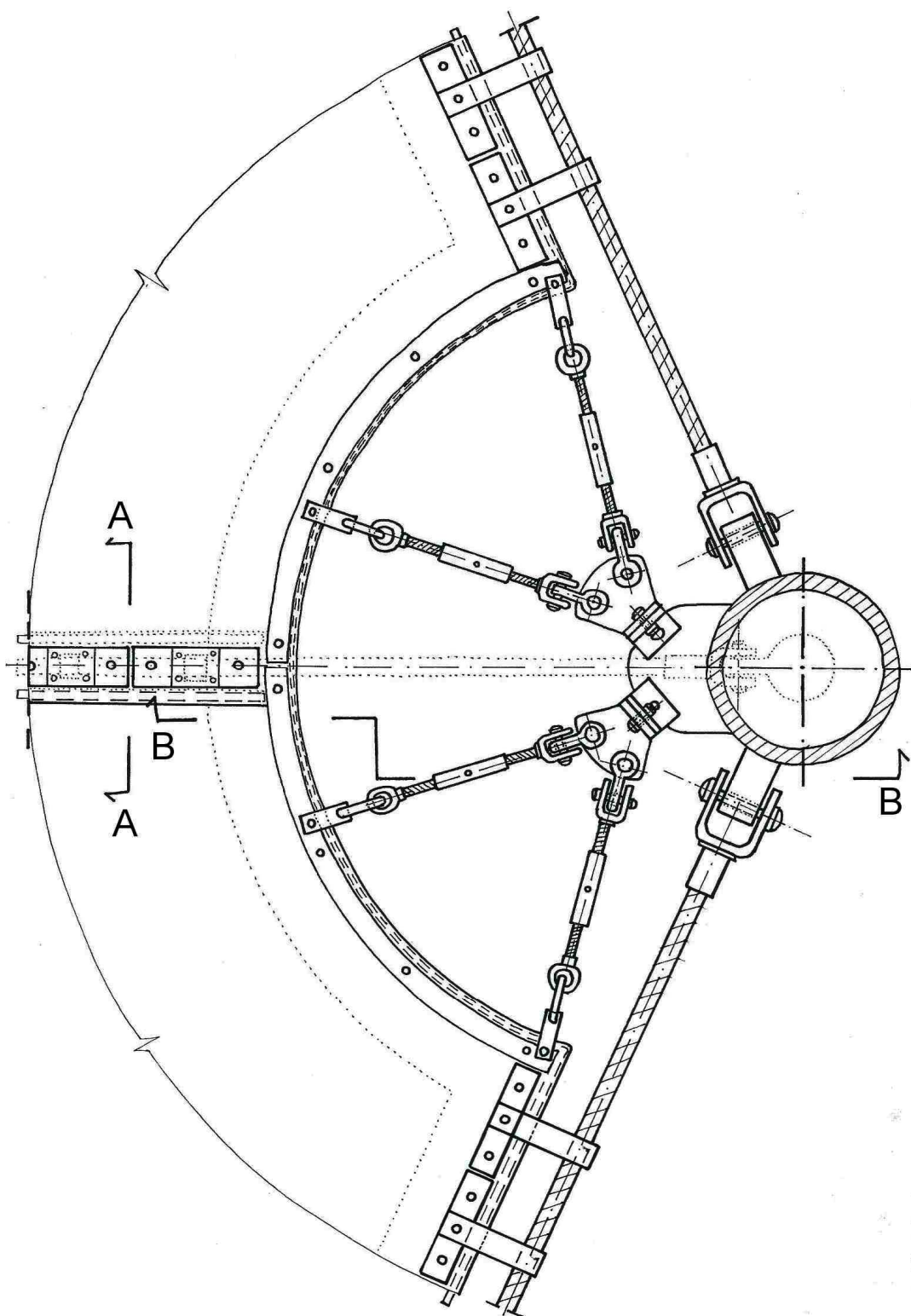
X-32. ábra



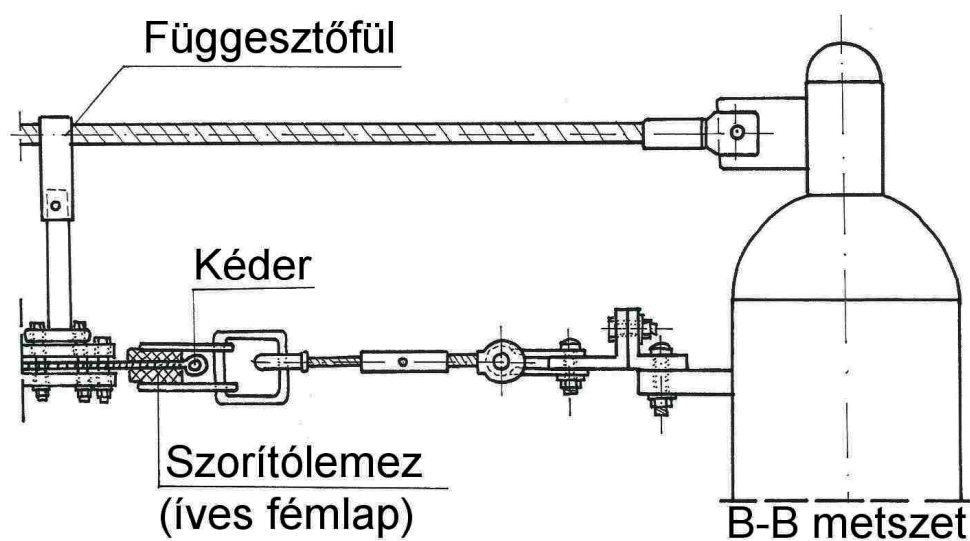
X-33. ábra

Kapcsolat lágy peremmel – 7. megoldás

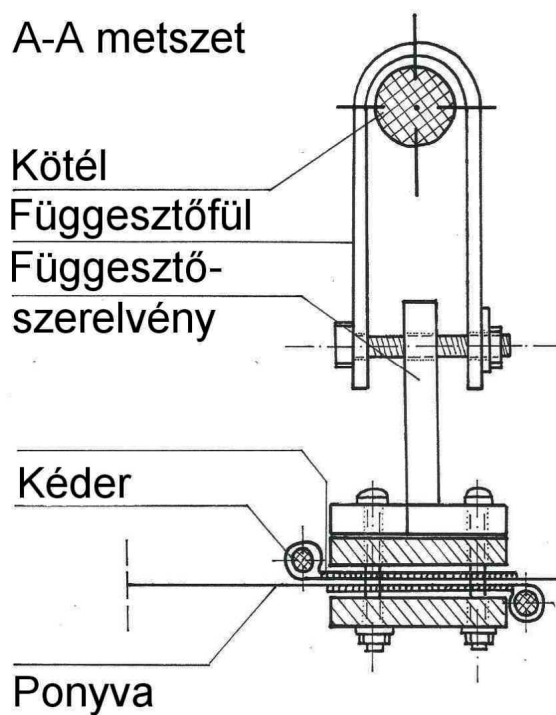
Ez a csomópont a felsoroltak közül a leginkább térbeli. A két oldalról befutó peremköteleken alkalmazott függesztő szerelvények a már ismert egyszerű kialakítással rendelkeznek (X-25. ábra). A ponyvát szorítólemezekkel és kéderrel feszítjük meg, az itt felgyülemplő erőket különböző áttéteken, kengyeleken keresztül az oszlopra csavarozott rögzítő lapokra ellenmenetes csavarokkal adjuk át. A ponyvát a toldásánál felülről még egy kötéllal függesztjük – a felfüggesztés a X – 35–36. ábrákon látható. Rendkívül nagy kiviteli precizitást igénylő kapcsolat.



X-34. ábra



X-35. ábra



X-36. ábra

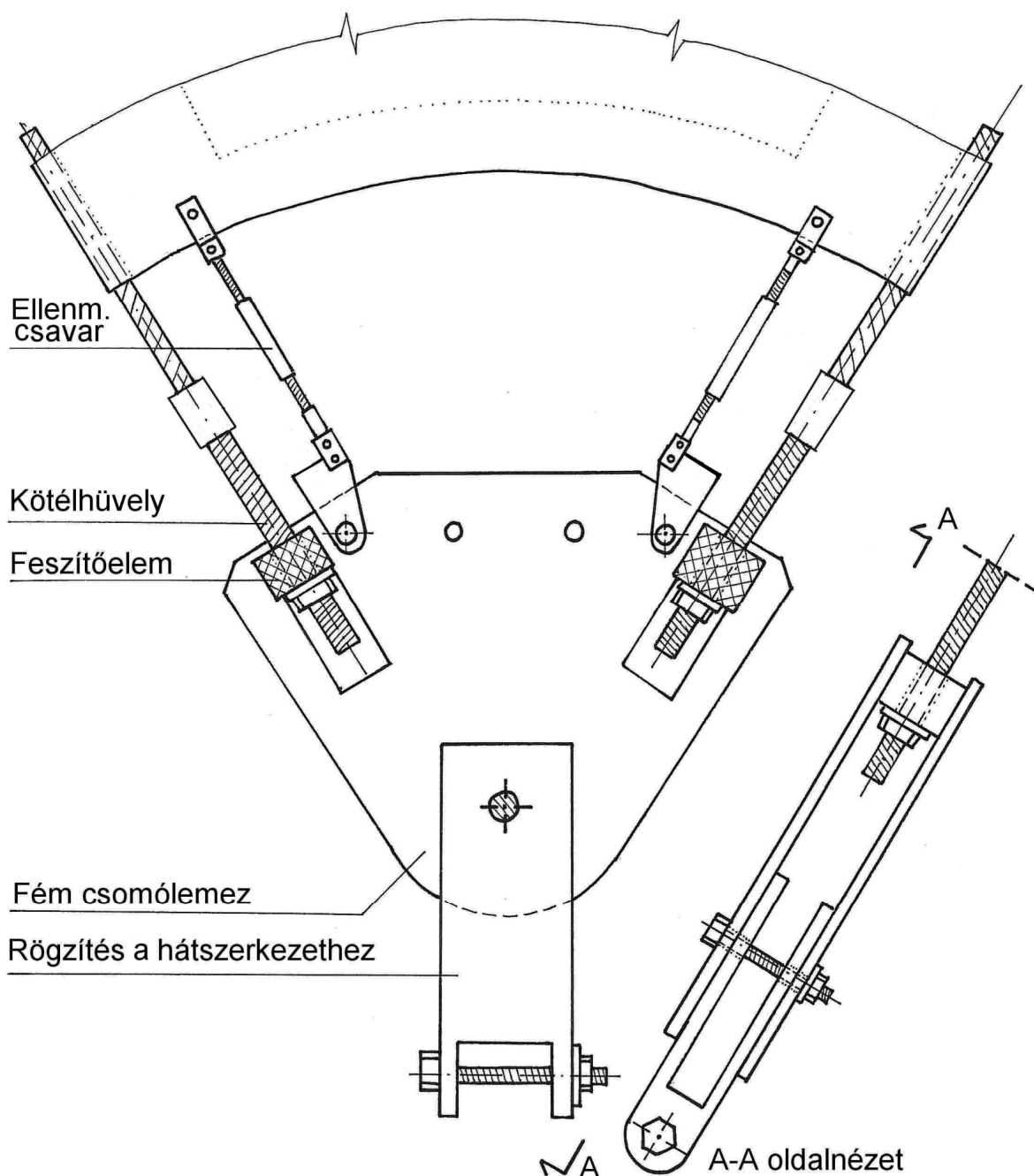


X-37. ábra

XI. Fejezet – Kéthéjű kapcsolat

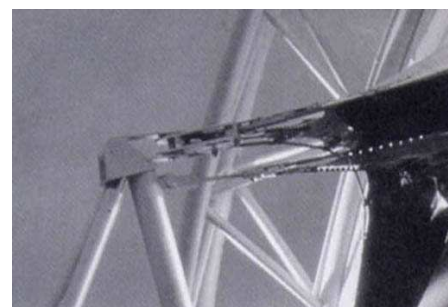
Végül egy kéthéjű sarokmegoldás következik. Kétrétegű membrán kialakítására különböző okokból lehet szükség. Hőtechnikai szempontból egy átszellőztetett légrétegű héjázat rengeteg épületfizikai előnyt rejt magában. Lehet szó olyan építészeti kialakításokról, ahol az alsó réteget hozzákapcsoljuk egy merev peremhez, például falhoz - a felső réteg pedig a nagy erőket veszi fel.

Kéthéjű, dupla kapcsolat – Felső réteg



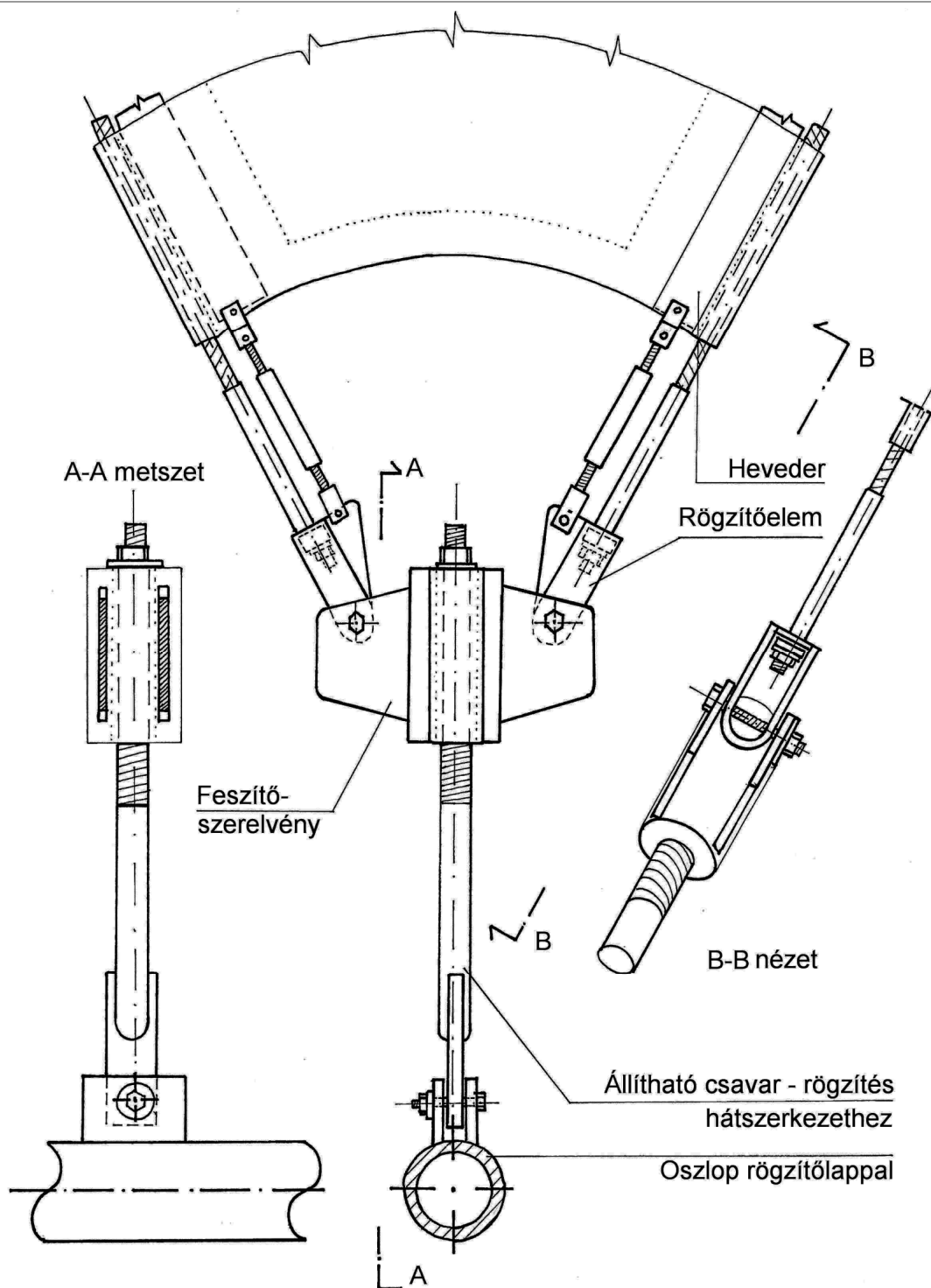
XI-1. ábra

A kéthéjű kapcsolat felső rétege látható itt, a megértés kedvéért eltávolítottuk a csomólemezt felső lapját. A csavaros végfoglalatokkal rendelkező teherhordó kötelek egy-egy téglatest alakú feszítőelemen vannak átfűzve, itt adódnak át a kötélerők a csomólemezeknek. A csomólemezekre kis fémlapok segítségével kédereket és ellenmenetes csavarokat is rögzítünk, a kötéllal párhuzamos erők ezekkel a csavarokkal állíthatók, és vehetők fel. A csomólemez két lapja közé egy csavaros kapcsolattal rendelkező rögzítő elem kerül, ezen keresztül adódnak át az erők a hátszerkezetnek, mely jelen esetben egy több rúddal és kötéllal megtámasztott oszlop.



XI-2. ábra

Kéthéjű, dupla kapcsolat – Alsó réteg

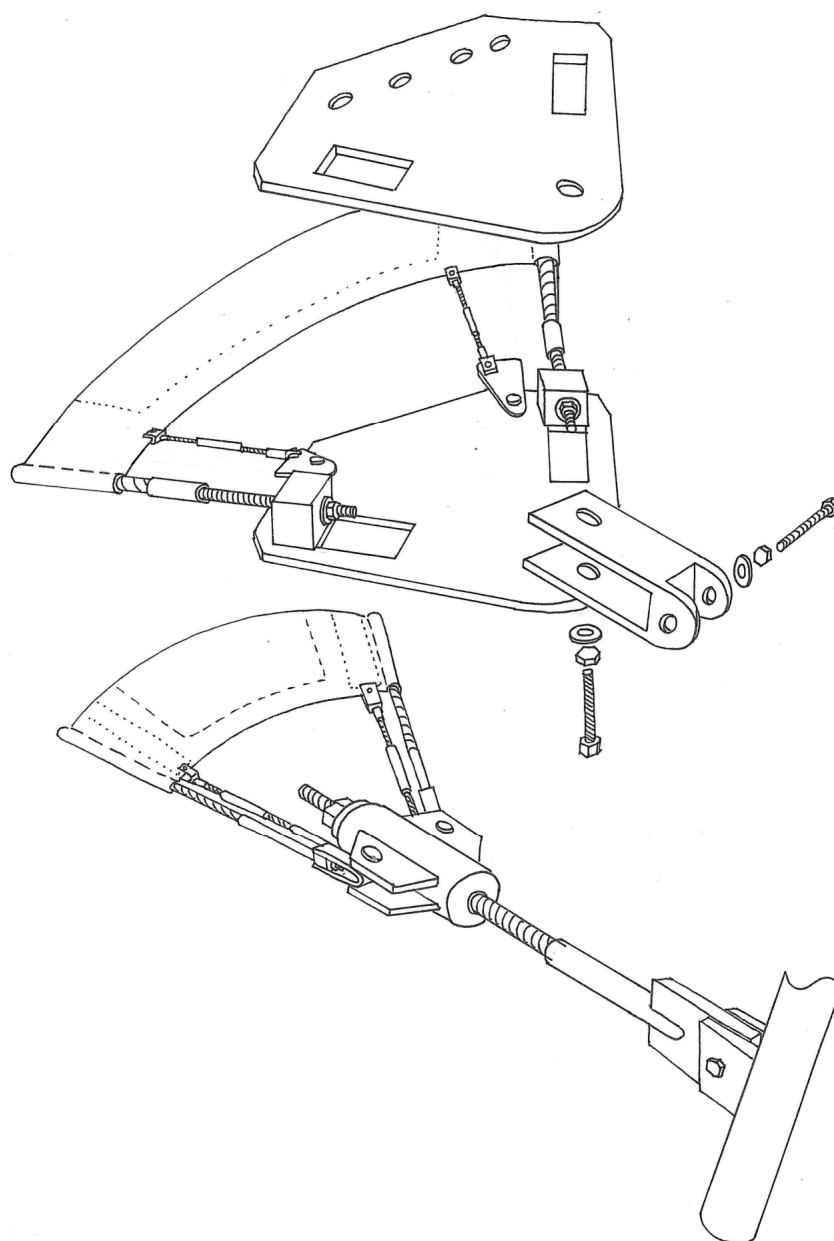


XI-3. ábra

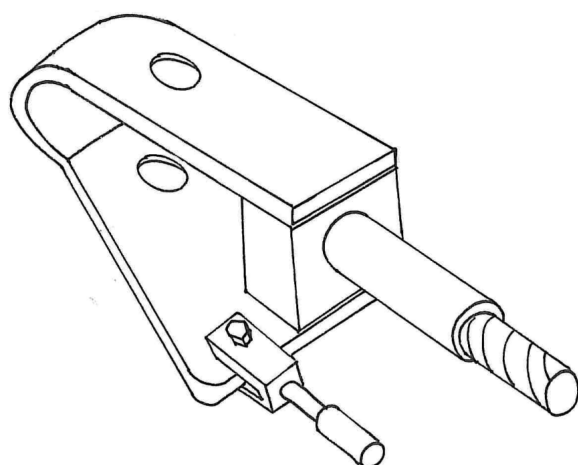
Az alsó membránréteget ezzel a csavaros szerkezettel fogjuk meg. A kötél mentén létrejövő ráncosodást a ponyvából kialakított „tasakban” futó, erősítő hevederekkel gátoljuk, mely hevederek egy-egy ellenmenetes csavarral állíthatók a feszítőszerelvényhez képest. Ez a központi szerelvény is egy csavaron keresztül állítható a már említett többtámaszú oszlophoz képest, melynek térbeli, sematikus rajza a következő oldalon látható.



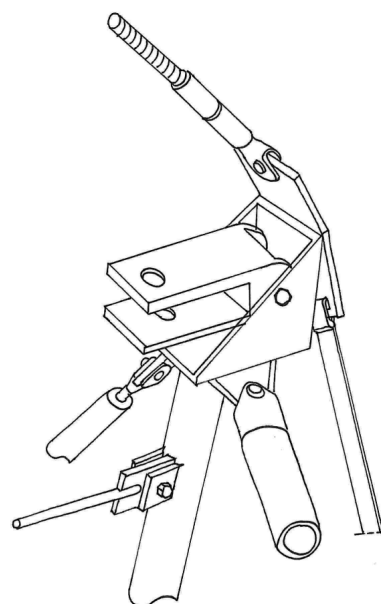
XI-4. ábra



XI-5. ábra



XI-6. ábra



XI-7. ábra

XII. Fejezet – Forrásjegyzék

Internetes adatgyűjtés – képek:

- <http://www.arcaro.org/tension/connection/index.htm>
- http://fabricarchitecturemag.com/articles/0110_ce_connection.html
- <http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/recerca/tensilestruc/webdetalles/index.html>
- www.tensinet.com
- www.detail.de – Bücher – Konstruktionasatlanten – Membrane und Kunststoffe (im Buch blättern)
- <http://www.tensis.gr/tensile%20structures.html>
- <http://uk.ask.com/wiki/File:Expoaxis-knipppershelbig-04.jpg?qsrc=3044>
- www.google.com – címszavak:
 - membrane structure building
 - membrane structure
 - membrane structure and function
 - membrane structures innovative building with film and fabric
 - membrane tension
 - tension membrane structures
 - awning detail
 - membrane cable
 - membrane cable tensile structure

Könyvek, szakirodalom:

- Michael Seidel: Tensile Surface Structures: A practical guide to cable and membrane construction (kiadó: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. HG Berlin, Germany - 2009)
- Kollár Lajos: Ponyvaszerkezetek (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987)
- Kollár Lajos: Ponyvaszerkezetek – Tervezési Segédlet – Statika (ÉVM megbízásából, Tervezési és Technikai Építészeti Intézet – 1988)

XIII. Fejezet – Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom mindazoknak, akik segítettek, hogy ez a dolgozat létrejöjjön.

Mindenekelőtt köszönöm Hegyi Dezsőnek, konzulensemnek, hogy segített a témakeresésnél, a téma konkretizálásánál, hogy segített megismerni a szerkezetípust, illetve hogy segített a téma részletes kidolgozásában – egy szóval köszönöm az irányítást.

Ezen kívül köszönöm mindenkinek – családomnak, barátaimnak – a mindennemű (mind technikai, tördelési, mind egyéb téren történő) támogatást. Végül pedig köszönöm Berecz Ádámnak a borítótervet.