

FŐGÖRBÜLETI KÖTÉLHÁLÓ SZERKESZTÉSE

GÁSPÁR ZSOLT*

[Beérkezett 1975. október 24-én]

„Hálófelület” főgörbületi vonalai mentén haladó kötelek rendszerének szerkesztéséhez kiindulási „felület”-ként az úgynevezett derékszögű kötélháló csomópontjaival értelmezett összetett felület szolgál. Ezt a meghatározott résztartományokra értelmezett, mindkét változójában másodfokú polinommal megadott részfelületekből álló interpolációs alapfelületet használja fel a dolgozat a főgörbületi vonalak szerkesztéséhez. A kidolgozott algoritmust számpéldával is illusztrálja.

1. Bevezetés

Derékszögű kötélháló csomópontjainak magassági helyzete — adott teher és előírt peremfeltételek esetén — viszonylag könnyen meghatározható akkor is, ha nem derékszögű négyszög alaprajzú merev peremre van feszítve, hanem árbocokat és peremkábeleket is alkalmazunk [1].

Ha a keresztező kötelek közötti nyíróerőt elvileg megszüntetni, gyakorlatilag csökkenteni akarjuk, akkor geodetikus vonalak mentén haladó kötelekből álló hálót célszerű kialakítani. Árboc alkalmazása esetében geodetikus háló nem jöhet szóba, mert a kötelek elkerülnék az árboc környezetét. Derékszögű kötélhálónál pedig az árboc közelében kiugróan nagy kötélerők keletkeznek. Mindkét hibán segít a főgörbületi vonalokból álló háló. Ennek megszerkesztésére segédhálóként használjuk a numerikusan jól kezelhető derékszögű kötélhálót. A számított diszkrét pontokhoz interpolációs felületet rendelünk, melynek főgörbületi vonalait közismert differenciálgeometriai összefüggések alapján numerikus integrálással határozzuk meg — kívánt sűrűséggel.

2. Az interpolációs felület

A derékszögű kötélháló adott teherhez tartozó egyensúlyi helyzetének meghatározása azt jelenti, hogy ki kell számítanunk az egyes kábelszakaszokban ébredő erők nagyságát és véges számú pontban (a háló csomópontjaiban, továbbá a köteleknek a merev peremmel és a peremkábelekkel alkotott

* Dr. Gáspár Zsolt, 1025 Budapest, Kapy út 40/b.

metszéspontjaiban) a háló magassági koordinátáit. A kötelek metszéspontjaihoz (vagyis a hálócsonópontokhoz) egy-egy matematikailag jól kezelhető felületelemet rendelünk. A háló felületét e felületelemek együttesével közelítjük. Ez a felület általában nem folytonos és a peremkábeleknél nem feltétlenül illeszkedik a kiszámított pontokra. Egy tetszőleges A jelű csonóponthoz rendelt felületelemet azokra a megadott pontokra illesztjük, melyek alaprajzi koordinátái teljesítik a következő feltételeket:

$$x_A - a \leq x \leq x_A + a,$$

$$y_A - b \leq y \leq y_A + b.$$

(Itt a , ill. b az y , ill. x irányú kötelek alaprajzban mért távolságát jelenti.) A felületelem érvényességi tartománya ennél szűkebb. Az (x_A, y_A) csonópont értelmezési tartományához mindig hozzá tartoznak a felületnek azok a pontjai, amelyek teljesítik az

$$x_A - a/2 < x < x_A + a/2,$$

$$y_A - b/2 < y < y_A + b/2$$

feltételeket. A perem környékén vannak olyan — a kötélközök felező egyenesei és a perem által határolt — területek, melyek nem tartoznak a fenti definíció szerint egyik értelmezési tartományhoz sem. Ezeket a területeket mindig ahhoz az értelmezési tartományhoz csatoljuk, amellyel szomszédosak. Több értelmezési tartománnyal is szomszédos terület ahhoz az értelmezési tartományhoz tartozik, amelynél a közös oldal az x tengellyel párhuzamos, ha

$$\frac{\Delta x}{a} \geq \frac{\Delta y}{b},$$

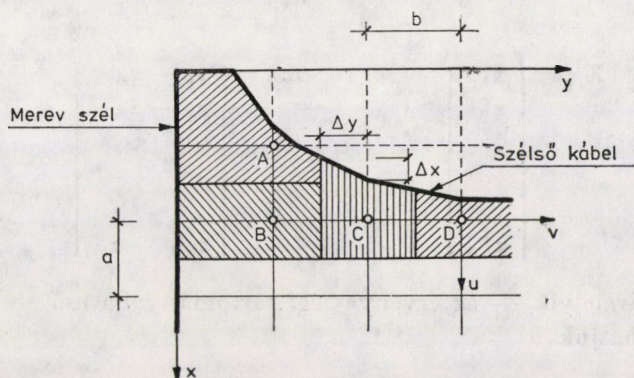
egyébként az y tengellyel párhuzamos határral rendelkező értelmezési tartományhoz csatoljuk. (Itt Δx jelöli a vizsgált terület x tengellyel, Δy pedig az y tengellyel párhuzamos határának hosszát.) Néhány — határ közelében fekvő — csonópontoz tartozó felületelem értelmezési tartományát az 1. ábrán mutatjuk be.

A felületelemeket lokális koordináta-rendszerben adjuk meg. A globális (x, y, z) és a lokális (u, v, z) koordináta-rendszerek között az

$$u = x - x_A$$

$$v = y - y_A$$

összefüggések adják meg a kapcsolatot. A felület megadásához egy olyan függvényt választottunk, mely az u és v változóiban szimmetrikus és 8 szabad paramétert tartalmaz (mert leggyakrabban 9 pontra kell illeszteni a



1. ábra

felületet, és a lokális koordináta-rendszer origójában a konstans tag megválasztásával teljesítjük a feltételt). Két esetet különböztetünk meg aszerint, hogy a vizsgált belső csomópontban van-e árboc vagy nincs.

2.1 Árboccal alá nem támasztott belső pont

Ha a vizsgált A jelű belső pont nincs árboccal alátámasztva, akkor a felületet

$$z(u, v) = z_A + c_{A1}u + c_{A2}v + c_{A3}u^2 + c_{A4}uv + c_{A5}v^2 + c_{A6}u^2v + c_{A7}uv^2 + c_{A8}u^2v^2 \quad (2)$$

alakban keressük. Ez a felület az A pontban az előírt magasságot veszi fel, az illesztési pontokon [melyek az (1) feltételt teljesítik] a $c_{A\nu}$ ($\nu = 1, 2, \dots, 8$) együtthatók helyes megválasztásával igyekszünk a feltételeket teljesíteni. n_A számú illesztési pont esetében a

$$z_i - z_A = [u \ v \ u^2 \ uv \ v^2 \ u^2v \ uv^2 \ u^2v^2]_i \cdot \mathbf{c}_A = \mathbf{x}_i^* \mathbf{c}_A \quad (3)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n_A)$$

egyenleteket kell kielégíteni. Ha $n_A < 8$, akkor a (3) egyenletrendszer határozatlan, ezért ilyenkor a kettőnél magasabb fokú tagok együtthatóit zérusnak választjuk. Ha az egyenletrendszer túlhatározott, akkor a megoldást a legkisebb négyzetes hibával keressük. Így

$$\mathbf{c}_A = (\mathbf{X}_A^* \mathbf{X}_A)^{-1} \mathbf{X}_A^* \Delta z_A, \quad (4)$$

ahol

$$\mathbf{X}_A = \begin{bmatrix} x_1^* \\ x_2^* \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{n,A}^* \end{bmatrix} \quad \text{és} \quad \Delta \mathbf{z}_A = \begin{bmatrix} z_1 - z_A \\ z_2 - z_A \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ z_{n,A} - z_A \end{bmatrix}$$

A felületnek bármelyik — az érvényességi tartományába eső — (u, v) pontjában kiszámíthatjuk a

$$p = \frac{\partial z}{\partial u}; \quad q = \frac{\partial z}{\partial v}$$

$$r = \frac{\partial^2 z}{\partial u^2}; \quad s = \frac{\partial^2 z}{\partial u \partial v}; \quad t = \frac{\partial^2 z}{\partial v^2}$$

deriváltakat a

$$\begin{bmatrix} p \\ q \\ r \\ s \\ t \end{bmatrix} = \mathbf{Q}(u, v) \mathbf{c}_A \quad (5)$$

szorzattal, ahol

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2u & v & 0 & 2uv & v^2 & 2uv^2 \\ 0 & 1 & 0 & u & 2v & u^2 & 2uv & 2u^2v \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 2v & 0 & 2v^2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 2u & 2v & 4uv \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 2u & 2u^2 \end{bmatrix}$$

2.2 Árboccal alátámasztott belső pont

Ha a vizsgált belső pont (az i -edik y irányú és a j -edik x irányú kötél metszéspontjában levő A pont) árboccal alá van támasztva, akkor a (2) alatti $z(u, v)$ függvényt kiegészítjük a

$$\psi \ln \left(\sqrt{\left(\frac{u}{a}\right)^2 + \left(\frac{v}{b}\right)^2} + 1 \right) \quad (6)$$

taggal, ahol

$$\psi = \frac{z_{i,j+1} + z_{i,j-1} + z_{i+1,j} + z_{i-1,j} - 4z_{i,j}}{4 \cdot \ln 2}$$

A (6) képletet abból a feltételből vezettük le, hogy az A pontban zérus magasságot, a szomszédos négy belső pontban egyenlő értéket, mégpedig az A pont magasságától való eltérésük átlagát adja, és alakja jól közelítse az árboc közelében kialakuló felületet.

A z függvény paramétereit most is a (4) egyenlettel számítjuk, de Δz_A jelentése megváltozik:

$$\Delta z_A = \begin{bmatrix} z_1 - \psi \ln(\varrho_1 + 1) - z_A \\ z_2 - \psi \ln(\varrho_2 + 1) - z_A \\ \vdots \\ z_{nA} - \psi \ln(\varrho_{nA} + 1) - z_A \end{bmatrix}$$

ahol

$$\varrho_i = \sqrt{\left(\frac{u_i}{a}\right)^2 + \left(\frac{v_i}{b}\right)^2}.$$

A p, q, r, s, t mennyiségek számításánál az (5) egyenlet kiegészül:

$$\begin{bmatrix} p \\ q \\ r \\ s \\ t \end{bmatrix} = Q(u, v)c_A + \psi \begin{bmatrix} \frac{u}{a^2(\varrho^2 + \varrho)} \\ \frac{v}{b^2(\varrho^2 + \varrho)} \\ \frac{1}{a^2(\varrho^2 + \varrho)} - \frac{u^2(2\varrho + 1)}{a^4\varrho(\varrho^2 + \varrho)^2} \\ \frac{-uv(2\varrho + 1)}{a^2b^2\varrho(\varrho^2 + \varrho)^2} \\ \frac{1}{b^2(\varrho^2 + \varrho)} - \frac{v^2(2\varrho + 1)}{b^4\varrho(\varrho^2 + \varrho)^2} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Az árboc helyén a deriváltakat nem értelmezzük.

3. A főgörbületi érintők meghatározása

A $z(u, v)$ függvény deriváltjainak értékét — az árboc helyének kivételével — bármely pontban számíthatjuk a (4), ill. (7) képletekkel. Tekintsük az e_1, e_2 főgörbületi érintőknek az xy síkra eső vetületét. Ezeknek az $\alpha_1, \beta_1; \alpha_2, \beta_2$ iránykoszinuszait a

$$h_2 m^2 + h_1 m + h_0 = 0 \quad (8)$$

egyenlet m_1, m_2 gyökeinek segítségével határozzuk meg:

$$\alpha_i = \frac{1}{\sqrt{1 + m_i^2}} \quad (i = 1, 2). \quad (9)$$

$$\beta_i = m_i \alpha_i$$

A (8) egyenletben

$$h_2 = pqt - (1 + q^2)s,$$

$$h_1 = (1 + p^2)t - (1 + q^2)r,$$

$$h_0 = (1 + p^2)s - pqr,$$

és m_i az i -edik főgörbületi érintő iránytangense. A főgörbületi érintőirányok csak akkor nem egyértelműek, ha a vizsgált pontban minden normálmetszet görbülete megegyezik. Hiperbolikus pontban ez nem lehetséges.

A (8) egyenlet $h_2 = 0$ esetén elfajul, ezért $|h_2| < \varepsilon$ (ε a gépi pontosságtól függő kicsiny pozitív szám) esetében

$$m_1 = -\frac{h_0}{h_1},$$

és $i = 2$ esetében a (9) képletek helyett az

$$\alpha_2 = 0, \quad \beta_2 = 1$$

összefüggéseket használjuk.

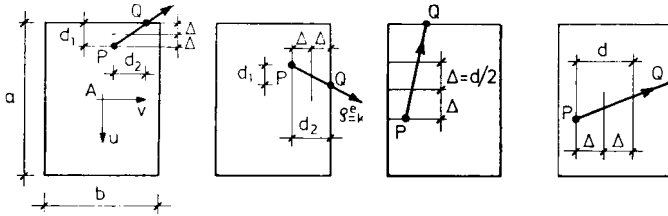
4. A főgörbületi vonal egy szakasza

A főgörbületi vonalat numerikus integrálással határozzuk meg. Olyan törtvonallal közelítjük, amely egyenes szakaszainak sem az x , sem az y tengelyre vonatkozó vetülete nem nagyobb egy, a pontossági igénytől függően előírt $d = \text{const.}$ értéknél. Egy ilyen törtvonal első szakaszának számításához előírandó a P kezdőpont alaprajzi helyzete $[P(u_p, v_p)]$ és egy irány (e_p). Minden további szakasz kezdőpontjának u_p, v_p koordinátái és e_p kezdő iránya az előző szakasz végpontjára kiszámított értékkel szerepelnek.

A P pontból négy irányba is indíthatnánk főgörbületi vonalat, ezek közül az e_p irányhoz legközelebb esőt választjuk. A (9) képletekkel meghatározzuk az e_1 és e_2 vektorokat, és kiszámítjuk a

$$\lambda_1 = e_p^* e_1, \quad (10)$$

$$\lambda_2 = e_p^* e_2$$



2. ábra

skalárszorzatokat, majd ezek segítségével a k és ϱ mennyiségeket is értelmezzük:

$$k = \begin{cases} 1 \\ 2 \end{cases} \quad \text{ha} \quad |\lambda_1| \geq |\lambda_2| \text{ egyébként} \quad (11)$$

$$\varrho = \begin{cases} 1 \\ -1 \end{cases} \quad \text{ha} \quad \lambda_k > 0 \text{ egyébként.} \quad (12)$$

Tehát a P pontból a ϱe_k irányban kell elindulnunk. Kiszámítjuk, hogy ebben az irányban hol van az aktuális felületelem érvényességi határa (lásd a 2. ábrán a Q jelű pontot). Legyen

$$\lambda_1 = \begin{cases} \frac{a}{2} \frac{\text{sign}(\alpha_k) - \varrho u_p}{\alpha_k} & \text{ha} \quad |\alpha_k| \geq \varepsilon \\ 10^6 & \text{egyébként} \end{cases} \quad (13)$$

$$\lambda_2 = \begin{cases} \frac{b}{2} \frac{\text{sign}(\beta_k) - \varrho v_p}{\beta_k} & \text{ha} \quad |\beta_k| \geq \varepsilon \\ 10^6 & \text{egyébként} \end{cases} \quad (14)$$

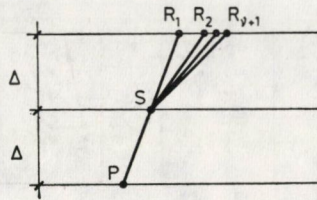
$$h = \begin{cases} 1 \\ 2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{ha } \lambda_1 \leq \lambda_2 \\ \text{egyébként.} \end{array}$$

[Ha a perem szomszédságában levő belső ponthoz tartozó felületelemen számolunk, és a ϱe_k vektor a perem felé mutat, akkor a (13), ill. (14) képletekben $a/2$, ill. $b/2$ helyett értelemszerűen a , ill. b veendő.]

Így a határpont (Q) koordinátái:

$$u_q = u_p + \lambda_h \varrho \alpha_k,$$

$$v_q = v_p + \lambda_h \varrho \beta_k.$$



3. ábra

A PQ szakasz u és v irányú vetülete:

$$d_1 = |\lambda_h \cdot \alpha_k|,$$

$$d_2 = |\lambda_h \cdot \beta_k|.$$

Egy iterációs eljárással fogjuk a szakasz végpontjának helyét meghatározni. Ehhez felvesszünk a P ponttól Δ és 2Δ távolságra két (a Q pont felé eső), az i -edik irányra merőleges egyenest.

A Δ és az i felvétele a következő:

a) ha $d_1 \leq d$ és $d_2 \leq d$, akkor $\Delta = d_h/2$ és $i = h$

b) ha $d_1 > d$ vagy $d_2 > d$, akkor $\Delta = d/2$

$$i = \begin{cases} 1 & \text{ha } d_1 \geq d_2 \\ 2 & \text{különben.} \end{cases}$$

Az a) esetre a 2/a, b ábrákon, a b) esetre a 2/c, d ábrákon mutatunk példákat.

Ezután meghatározzuk a PQ szakasznak a felvett két egyenessel való metszéspontját (S, R_1):

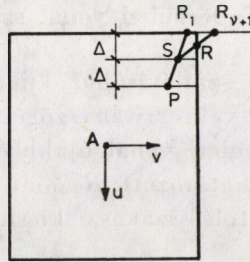
$$\lambda = \varrho \lambda_h \frac{\Delta}{d_i},$$

$$u_S = u_p + \lambda \alpha_k, \quad u_{R_1} = 2u_S - u_p,$$

$$v_S = v_p + \lambda \beta_k, \quad v_{R_1} = 2v_S - v_p.$$

Az iterációs eljárást (3. ábra) $\nu = 1$ -gyel indítjuk. Lépései a következők:
a) meghatározzuk az R_ν ponthoz tartozó főgörbületi irányokat (lásd jelen dolgozat 3. pontját)

b) ezek közül kiválasztjuk az \vec{SR}_ν irányhoz legközelebb állót [(10), (11), (12) képlet]



4. ábra

c) kiszámítjuk az R_{v+1} pont koordinátáit (az S pontból a kiválasztott irányú félegyenes és a P ponttól 2Δ távolságú egyenes metszéspontja)

$$\lambda = \begin{cases} \frac{\rho\Delta}{|\alpha_k|}, & \text{ha } i = 1 \\ \frac{\rho\Delta}{|\beta_k|} & \text{egyébként} \end{cases}$$

$$u_{R_{v+1}} = u_S + \lambda\alpha_k,$$

$$v_{R_{v+1}} = v_S + \lambda\beta_k.$$

d) ha

$$|u_{R_{v+1}} - u_{R_v}| + |v_{R_{v+1}} - v_{R_v}| > \varepsilon_h \tag{15}$$

akkor a v értékét eggyel növelve az a) ponttól kezdve megismételjük az eljárást.

Ha a (15) feltétel nem teljesült, akkor a főgörbületi vonal következő pontjának az $R = R_{v+1}$ pontot fogadjuk el. Kivételt képez ez alól, ha az R_{v+1} már a P ponthoz tartozó felületelem érvényességi tartományán kívül esik. Ekkor az SR_{v+1} szakasz és a határ metszéspontja az R pont (4. ábra):

$$u_R = u_S + \lambda(u_{R_{v+1}} - u_S),$$

$$v_R = v_S + \lambda(v_{R_{v+1}} - v_S),$$

ahol

$$\lambda = \begin{cases} \frac{b/2 - |v_S|}{|v_{R_{v+1}} - v_S|} & \text{ha } |v_{R_{v+1}}| > \frac{b}{2} \\ \frac{a/2 - |u_S|}{|u_{R_{v+1}} - u_S|} & \text{ha } |u_{R_{v+1}}| > \frac{a}{2} \\ 1 & \text{egyébként.} \end{cases}$$

5. A főgörbületi vonal számítása

Egy főgörbületi vonal számításához kiinduló adatként kezeljük a P_0 pont koordinátáit és az \mathbf{e}_{p0} vektor irányszögét. Ebből kiindulva a 4. pontban leírtak szerint a főgörbületi vonal újabb és újabb pontjait határozhatjuk meg. Ha egy így meghatározott R pont egy felületelem érvényességi határára esett, akkor a legutolsó szakaszt kicsit meghosszabbítjuk:

$$\mathbf{r}_{R'} = \mathbf{r}_R + \varepsilon \cdot \mathbf{e}_R.$$

Az így kapott R' pontról könnyen megállapítható, hogy hányadik y irányú és hányadik x irányú kötélmetszéspontjához van legközelebb:

$$i = \text{entier}((x_{R'} + a/2)/a)$$

$$k = \text{entier}((y_{R'} + b/2)/b).$$

Ha az így kapott pont a hálónak nem belső pontja, akkor ez azt jelenti, hogy a görbe kifutott a merev peremre vagy a peremkábelre, ezért visszatérünk a P_0 ponthoz és a $-\mathbf{e}_{p0}$ vektorral indítva kiszámítjuk a görbe másik felét is.

Ha az (i, k) pont belső pont, akkor a 4. pontban leírt eljárást folytathatjuk ebben az értelmezési tartományban is.

A főgörbületi irányok az árbocok pontjában nincsenek értelmezve. Ha az eljárás során egy R pont $d\sqrt{2}$ távolságnál közelebb kerülne egy árboc-hoz, akkor mivel úgy is az árboc-hoz futna be a főgörbületi vonal, úgy tekintjük, mintha a peremre jutottunk volna.

Meg kell győződnünk arról is, hogy a főgörbületi vonal nem záródott-e, mert különben végtelen ciklusba kerülhet a program. Ehhez minden újabb R pont meghatározásakor ellenőrizzük, hogy a PR szakasz metszi-e a P_0 ponton átmenő, az \mathbf{e}_{p0} vektorhoz (\mathbf{e}_{k0}) választott főirányra merőleges egyenest. Ha metszi az egyenest a szakasz, akkor az

$$\mathbf{e}_{k0}^*(\mathbf{r}_p - \mathbf{r}_{p0}) \cdot \mathbf{e}_{k0}^*(\mathbf{r}_R - \mathbf{r}_{p0}) < 0$$

feltétel teljesül.

Ha metsződnek és

$$\mathbf{e}_{k0}^*(\mathbf{r}_R - \mathbf{r}_p) > 0,$$

akkor kiszámítjuk a metszéspont koordinátáit (\mathbf{r}_Q). A főgörbületi vonalat akkor tekintjük záródottnak, ha a P_0 és Q pont elég közel van. Tekintve, hogy a numerikus integrálással a hiba halmozódik, a megengedett eltérést a szakaszok számának függvényében írjuk elő:

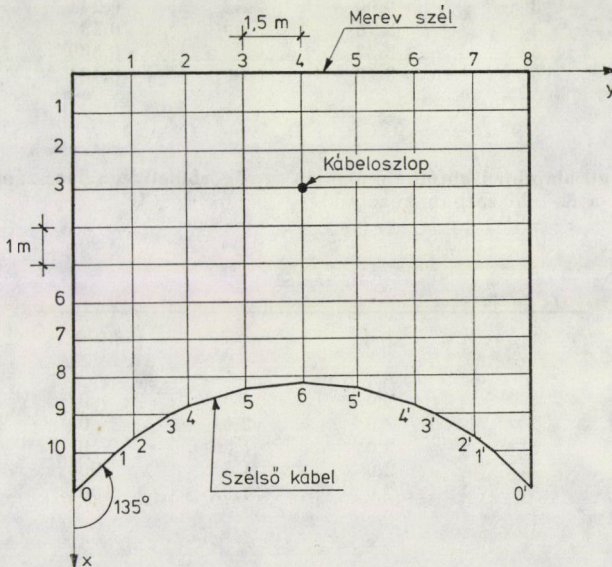
$$|\mathbf{r}_Q - \mathbf{r}_{p0}| < (i - 2) \cdot \varepsilon_h.$$

Záródás esetén vagy ha másodszor érkezünk peremhez a következő főgörbületi vonal meghatározására térhetünk át. Kellő számú vonal felrajzolása után leolvashatjuk a főgörbületi háló csomópontjainak alaprajz koordinátáit, melyeket a megfelelő felületelemre felvetítve a z koordináta is kiszámítható. A csomópontok közti kötélszakaszok egyenesek, így a főgörbületi vonalak helyett azok húrjaiból álló törtvonalat használunk. Ez is indokolja, hogy elfogadjuk a teljes felületnek a 2. pontban leírt felületelemek összességével való közelítést, és elfogadjuk a feszítőerők meghatározására a [2] 107–108. oldalán levő képleteket.

A közelítések miatt fellépő egyensúlyi zavarok és a teherváltozások hatását csak az állapotváltozási differenciálegyenlet segítségével számíthatjuk ki (lásd pl. [2] 6. fejezet, vagy [3]).

6. Numerikus eredmények

A numerikus eredmények bemutatására egy olyan 11×12 m méretű, az xy síkban fekvő téglalap alakú merev peremet választottunk, amelyre 10 db y irányú és 7 db x irányú kötelet erősítették. Az egyik y -nal párhuzamos merev peremszakaszt peremkábelrel váltottuk ki, és a (3.0; 6.0) ponton árbocot helyeztünk el (5. ábra). Az x irányú kötelek feszítő erejének vízszintes vetületét 10 Mp-ra, az y irányúakét 8 Mp-ra választottuk.



5. ábra

A kötélsomópontok magassági helyzetét az [1]-ben közölt algoritmus alapján számítottuk. (A csomóponti z koordinátákat az 1. táblázatban tüntettük fel, a szimmetria miatt csak a fél hálózatra).

1. táblázat

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	-0,187	-0,427	-0,759	-1,082
2	-0,345	-0,804	-1,522	-2,510
3	-0,443	-1,044	-2,141	-4,991
4	-0,456	-1,021	-1,824	-2,850
5	-0,411	-0,869	-1,389	-1,803
6	-0,340	-0,685	-1,011	-1,198
7	-0,266	-0,512	-0,706	-0,793
8	-0,202	-0,366	-0,458	-0,481
9	-0,160	—	—	—
10	—	—	—	—

A peremkábel töréspontjainak koordinátáit a 2. táblázatban adjuk meg.

2. táblázat

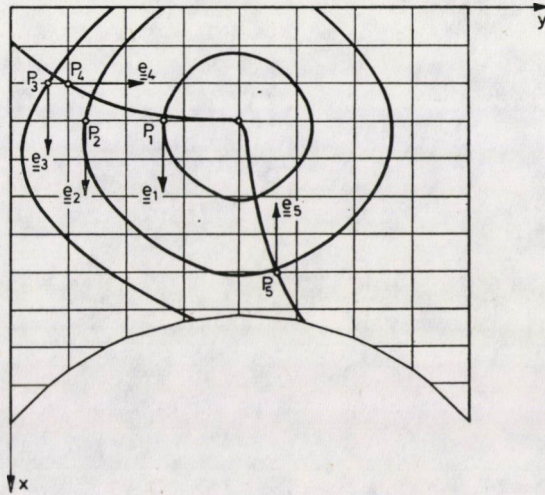
i	x_i	y_i	z_i
0	11,00	0,00	0,000
1	10,00	1,00	-0,098
2	9,59	1,50	-0,147
3	9,00	2,52	-0,241
4	8,76	3,00	-0,285
5	8,32	4,50	-0,389
6	8,18	6,00	-0,431

A derékszögű alaprajzú kötélnál alapján öt főgörbületi vonalat számítottunk, melyek kiindulási adatait a 3. táblázatban közöljük.

3. táblázat

i	$P_{ix}[m]$	$P_{iy}[m]$	$\alpha_i[\text{fok}]$
1	3,0	4,0	0
2	3,0	2,0	0
3	2,0	1,0	0
4	2,0	1,5	90
5	7,0	7,0	180

A d értékét 0,2 méternek, az ε értékét 0,0001-nek választottuk.



6. ábra

A főgörbületi vonalak alaprajzát a 6. ábrán mutatjuk be. Jól látszik, hogy az árbohoz közel fekvő P_1 pont esetében a főgörbületi vonal záródott, a távolabbi P_2 pontnál mindkét irányban a merev peremre futott ki. A P_3 pontból indítva a számítást először az x tengellyel párhuzamos merev perem mellett elhaladva a peremkábelhez jutunk, majd $-e_3$ irányban indulva a merev peremhez érünk. A P_4 , ill. P_5 pontokból az adott irányhoz legközelebb eső főgörbületi vonallal először az árbohoz jutunk fel, majd a másik irányban a merev peremre, ill. a peremkábelre szalad ki a görbe.

IRODALOM

1. SZABÓ, J.—GÁSPÁR, Zs.: Berechnung des auf Randkabel gespannten rechtwinkligen Seilnetzes. *Acta Techn. Hung.* 77 (1974), 365—384
2. SZABÓ J.—KOLLÁR, L.: Függőtetők számítása Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1974, 186
3. SZABÓ, J.—BERÉNYI, M.: Theorie und Praxis der Berechnung von Seilkonstruktionen. *IVBH „Abhandlungen”,* 33. II, (1973), 193—208

Construction of a Cable Network along the Principal Curvature. To the construction of a system of cables along the lines of the principal curvature of a network “surface” serves a compound surface defined by the nodes of the so-called orthogonal cable network. The author uses this interpolated basic surface consisting of partial surfaces given by a polynome of the second degree in both of its variables, interpreted to defined partial regions, to the construction of the lines of principal curvature. The algorithm worked out is also demonstrated by a numerical example.

Konstruktion eines in der Hauptkrümmung befindlichen Seilnetzes. Zur Konstruktion eines Seilnetzes entlang der Hauptkrümmungslinien einer “Netzfläche” dient als Ausgangsfläche eine durch die Knotenpunkte des sog. rechtwinkligen Seilnetzes definierte zusammengesetzte Fläche. Diese auf bestimmte Teilbereiche interpolierte, in ihren beiden Veränderlichen durch ein Polynom zweiten Grades gegebene, aus Teilflächen bestehende Interpolationsfläche wird in der Abhandlung zur Konstruktion der Hauptkrümmungslinien angewandt. Der erzeugte Algorithmus ist auch durch ein numerisches Beispiel illustriert.