

Jakab György:

ELEKTRONIKUS SZÁMÍTÓGÉP FELHASZNÁLÁSA AZ ACÉLSZERKEZETEK TERVEZÉSÉNÉL

A kötélpálya és szállítóberendezések tervezése nem fő profilja az UVATERV-nek. A tervezés korszerűsítése azonban e téren is szükségessé tette, hogy ebbe a munkába is bevonjuk korunk nagyszerű találmányát, a számítógépet. A mindennapi gyakorlat igazolta, hogy a számítógép hasznos segítője a tervezőnek, a tervezés újabb és újabb feladatok gépesítésének kidolgozását tette szükségessé. Az alábbiakban egyrészt azokból a feladatokból adunk ismertetést, amelyeknek programjai már elkészültek, másrészt vázoljuk további terveinket.

Függőpályaállványok méretezése

A függőpályaállványok méretezéséhez két programot készítettünk. Az első a kötelet alátámasztó sarukban ébredő reakcióerők számítását végzi, kétkötéses (külön tartó- és vonókötéllal működő) körforgalmú kötélpályán. A tartókötelek egyik vége lehorgonyzott, másik vége súllyal feszített, a közbeeső helyeken pedig — szabálytalan kiosztással — az állványok sarui támasztják alá a kötélrögzítés nélkül. A pályakocsik egyenlő távolságban követik egymást (2. ábra).

A program meghatározza a kötélt és a pályakocsik súlyából, a tartókötel súrlódásából és függőleges iránytöréséből, valamint a pályára ható szélteherből származó pályairányú, harántirányú és függőleges erőket a pálya mindkét (tele és üres) oldalán (3. ábra) a következő feltételek mellett: a koncentrált erőknek tekintett mozgó terhelés a legkedvezőtlenebb állásban legyen; a kötélerők a saruk és a kötel közti súrlódás miatt változnak; a vonókötelek iránytöréséből többleterők származnak.

Ennek a programnak az eredményeként kapott sarureakcióerők a kötel-

pályák állványaira ható terhek össze-tevői.

A második program az állványok rúderőit számítja. Ezek fejrészből és az ez alá épülő egy vagy többrészes törzsből állnak, és számításuk gépesítését az tette különösen gazdaságossá, hogy tipizáltak, így — bár a térbeli rácsos szerkezetek közé tartoznak — kevés adattal leírhatók. Négysíki, csongagúla alakú rácsos szerkezetek, síkonként egybevágó hálózati rendszerrel, amelyet az alsó és felső szélesség, valamint a csomóponttávolságok határoznak meg (4. ábra). A program tartalmazza az överők, rácsrúderők és a lehorgonyzó erők számítását a legkedvezőtlenebb terhelés mellett, amire a terhelések négy, illetve nyolc változatának vizsgálata szükséges:

- I. szélérők nélkül, teleoldali saruterheléssel
- II. szélérők nélkül, kétoldali saruterheléssel
- III. szélérőkkel, teleoldali saruterheléssel
- IV. szélérőkkel, kétoldali saruterheléssel.

Az övrúderőknél ugyanezek szerepelnek másik rácsrúdiránnyal.

A számítási eljárás — bár az állványtörzs számítására készült — használható az állványfej konzol alatti részének számítására is.

Konzolos szalaghidak

A konzolos szalaghidak tervezése is a Kötélpálya-, szerkezettervező osztály gyakorlatában előforduló feladat. A szélrács és főtartó rácszatának kialakítása az esetek túlnyomó többségében azonos, mint ez az 5. ábrán látható.

Ugyanezen az ábrán tüntettük fel azt a terhelést is, amelynek a hatására keletkező támaszerők és támasznyomatékok, valamint a rúderők meg-

határozása történik. A program két-, három- és négytámaszú szalaghidak számítására alkalmas.

Centrikusan nyomott és húzott rudak vizsgálata

A húzott rudaknál a számítás csak a rúd keresztmetszeti felületét (A) határozza meg a következő összefüggés alapján:

$$A = \frac{P}{\sigma},$$

ahol P = húzóerő,

σ = a húzásra megengedett határ-feszültség.

A nyomott rudaknál ez nem számítható ilyen egyszerűen.

Ezek méretezésénél a szelvényt a keresztmetszeti felület és inercia függvényében kell kiválasztani úgy, hogy kihajlás ne következzen be. A megoldásra igen sok elmélet ismeretes, amelyek az Euler és Tetmayer nevéhez fűződő megoldástól lényegileg nem térnek el, csupán több-kevesebb tényező figyelembevételével módosítják. A közismert megoldás a rugalmas tartományban az Euler-hiperbolával; a plasztikus tartományban a Tetmayer-egyenessel történik. Hatósági előírásaink alapjait Tetmayer igen megbízható kísérletei képezik. (A feladatra vonat-



1. ábra Függőpálya tartókötelének lehorgonyzása

kozó elméleti megoldás is magyar tudós, Kármán nevéhez fűződik.)

A nyomott rudak méretezése a hagyományos módszerrel unalmas, hosszadalmas feladat, mivel rendszerint csak próbálgatással történhet. Körülmenyessé teszi a munkát a táblázatok használata is. Kezelhetőség szempontjából talán egyszerűbb az a módszer, amely szerint a kritikus nyomóerőt a

$$P_K = \varphi \cdot \sigma_H \cdot A$$

összefüggésből számítjuk, ahol

σ_H = az anyag határfeszültsége,

A = a keresztmetszet területe, és

φ = csökkentő tényező.

A $\varphi = \varphi(\lambda)$ függvény, amelynek összetartozó értékei táblázatban vannak megadva, egyesíti a Tetmayer-egyenest és Euler-hiperbolára szétválasztott rugalmas és plasztikus tartományt. Így bármilyen λ karcsúsági tényezőhöz kiválasztható a φ csökkentő tényező.

A programhoz a feladatot úgy határoztuk meg, hogy a vizsgált rúd l hossza, a ráható P nyomóerő és a σ_H határfeszültség ismeretében olyan képletet állítsunk elő, amellyel a keresztmetszet egyszerűen kiválasztható.

A megoldáshoz a

$$\varphi = b + \frac{c^2}{\lambda^2} - \sqrt{\left(b + \frac{c^2}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{a^2}{\lambda^2}} \quad (1)$$

összefüggést használtuk fel, ahol

$a = 93$

$b = 0,736$

$c = 65,5$

Az (1) egyenletből

$$\frac{1}{\lambda^2} = \frac{\varphi^2 - 2b\varphi}{2c^2\varphi - a^2} \quad (2)$$

A geometriai jellemzők közti összefüggésekből

$$l = A l^2 \frac{1}{\lambda^2}, \quad (3)$$

ahol

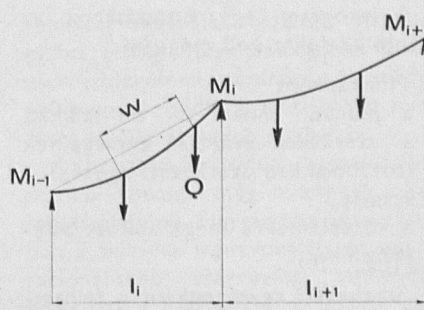
l = a keresztmetszet másodrendű nyomatéka.

Ha a (3) egyenletbe a (2) egyenlet jobb oldalát behelyettesítjük, rendezés után l -re a következő képletet kapjuk:

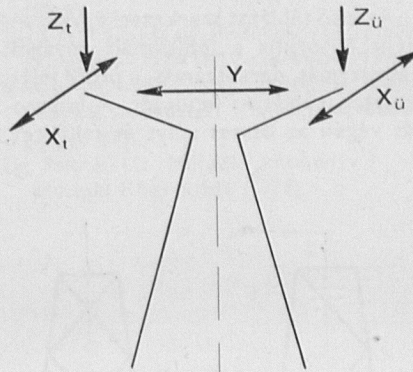
$$l = A l^2 \left[\frac{1}{2c^2} \varphi + \frac{1}{2c^2} \left(\frac{a^2}{2c^2} - 2b \right) + \frac{a^2}{2c^2} \cdot \frac{a^2}{2c^2} - 2b \right] \quad (4)$$

Figyelembe véve az

$$A = \frac{A_{\min}}{\varphi}$$



2. ábra M_i — a saruk geodéziai magassága
 l_i — támköz, az $i-1$ és i állvány közti vízszintes távolság
 i — 0, 1, 2, ... $N+1$ — az állványok saruinak sorszáma a feszítéstől a lehorgonyzás felé haladva
 w — a pályakocsi követési távolsága
 Q — a rakomány súly szórás tényezőjét és a vonókötél súlyhányadát tartalmazó csillósúly



3. ábra X, Y, Z — a kötélzet és a pályakocsi súlyából, a tartókötél súrlódásából és függőleges iránytoréséből, valamint a pályára ható szélből a sarukra ható pályá-, haránt- és függőleges irányú erők. Az u és t indexek az üres- és teleoldali saruk erőit jelentik

kapcsolatot, ahol $A_{\min} = P/\sigma_{H1}$, a (4) egyenlet a következő alakban írható fel:

$$l = D_1 + \frac{D_2}{A - D_3}, \quad \text{amelynek} \quad (5)$$

$$D_1 = \frac{2b}{a^2} l^2 A_{\min}$$

$$D_2 = \left(\frac{4bc^2}{a^4} - \frac{1}{a^2} \right) l^2 A_{\min}^2$$

$$D_3 = \frac{2c^2}{a^2} A_{\min}$$

rudanként konstans értékeit számítja ki a program.

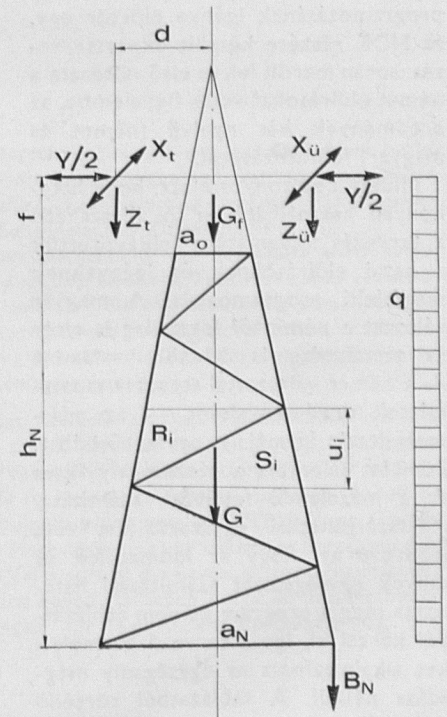
A tetszőlegesen megválasztott $A > A_{\min}$ értékhez így egyértelműen meghatározható l értéke. Ha a tervező szabvány idomacélt alkalmaz, a választandó keresztmetszet adataira — az egyenlet kiszámítása nélkül — $l > D_1$ és $A > D_3$ teljesítendő egyenlőtlensé-

gek alapján a D_1 és D_2 nagyságából jó becslést kaphat.

A módszer csökkenti a táblázatok használatát, a tervező számítási munkáját és a méretezéssel együttjáró próbálgatások számát.

Az ismertetett probléma kidolgozását aktuálissá tette az is, hogy a Kötélpálya- és szerkezettervező osztály az előzőekben tárgyalt függőpályaállványok rúderőit számító program kibővítését kérte. A bővítés további típusok bevonását jelenti a számításba. A megrendelő osztálytól kapott matematikai modellel a számítások elvégezhetőek összekötő rudak nélküli szimmetrikus és rombikus rácsos állványok esetén (6. ábra), de akkor is, ha az állvány esetleg védőhálóval van ellátva. Az állványra ható terhelést a 7. ábrán mutatjuk be.

Ezt az átdolgozást úgy csináljuk meg, hogy a program fel tudja használni a sarureakció programjának eredményeit és kapcsolódjon a rudak méretezésének programjához. Az adatok átviteléhez szükséges adatszalogokat a programok készítik.



4. ábra a_N és a_0 — az állvány alsó, illetve felső szélessége

u_i — ($i = 0, 1, 2, \dots, N$) — szintmagasság, d és i a saru geometriai helyét jelöli meg

G_r — az f szakasz önsúlya

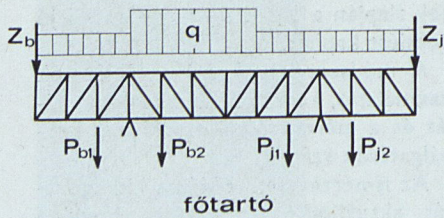
G — a h_N szakasz önsúlya

q — az állvány szélerheléséből adódó állandó intenzitású megszóló terhelés

S_i, R_i — öv- és rácsrúderők

B_i — lehorgonyzóerők

Az X, Y, Z erők a 2. ábra szerint értendőek



5. ábra q — a függőleges síkban ható, szakaszonként állandó intenzitású megoszló terhelés. Z és P erők a konzol végein és a támaszok közelében ható koncentrált terhelések.

s — a szélrács hossza mentén ható állandó intenzitású megoszló terhelés

Acélszerkezetek kimitatás

Ez a program az acélszerkezetek tervmellékleteit képező, a tervezett létesítmény kivitelezéséhez szükséges acélszerkezeteket tartalmazó kimitatást készíti el. Történetéhez tartozik, hogy programozásának igénye először egy, az NDK részére készült exporttervezés során merült fel, és első változata a német előírásokat vette figyelembe, az eredmények két nyelvű (német és magyar) feliratozásával.

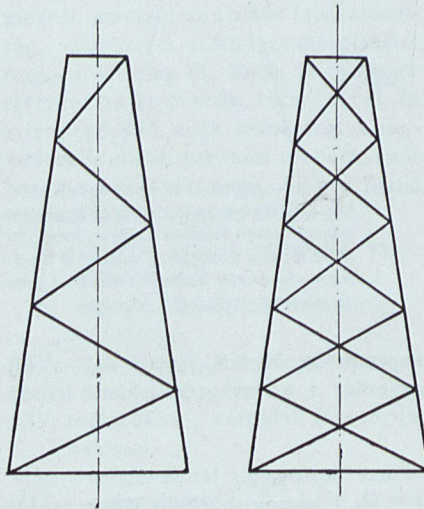
Miután bebizonyosodott, hogy hatékonyan használható és jól illeszthető a tervezés folyamatába, elkészítettük a hazai előírásoknak és igényeknek megfelelő programot is. A magyar változat a némettől formailag is eltér és tartalmilag is bővebb, valamint — a német változattal szerzett tapasztalatok eredményeként — az adatszolgáltatás formája is egyszerűsödött. Bővítést jelentett a szelvénykigyűjtés és a mázolandó felületek számítása. Adatszolgáltatási egyszerűsítést tett lehetővé az, hogy az idomacélok és csövek egység súlyát számításal határozza meg a program és nem táblázatból keresi ki, így a tervező bármelyiket alkalmazhatja az egység súly megadása nélkül. A táblázatból történő kikeresésnél ez nem volt megvalósítható, mert az idomacélok és csövek minden változatának adatait csak a háttérmemóriák felhasználásával lehetett volna tárolni, ami a program futási idejét nagyon megnyújtja. A német változatnál ezért csak a gyakran használt idomacélok adatai voltak a programba beépítve, míg a nem kurrens szelvényeket különleges szerkezeti elemként kellett megadni.

A program egy futtatásához az alábbi adatokat kell megadni:

1. Munkaként a munka címét és tervszámát, a szerkezet gyártási egységeinek (továbbiakban szerkezeti egység) számát, a kötőelemekre megállapított súlyszázalékot.
2. Szerkezeti egységként a felhasznált anyagok tételszámát, darabszámát, profiljelzését (különleges szelvény-nél annak megnevezését), hosszát, különleges szelvény esetén az egység súlyt és felületét.

Az eredményeket az acélkimutatás három táblázata jelenti.

Az első táblázat szerkezeti egységként felsorolja a felhasznált anyagok tételszámát, darabszámát, a profil jelét, hosszát, súlyát és felületét. A felsorolás végén az összes súlyt és felületet.



6. ábra

A második táblázat a szerkezeti egységek megnevezését, súlyát és felületét sorolja fel, és a súlyt és felületet összesíti. (Ez tulajdonképpen a szerkezet teljes súlyát és felületét.)

A harmadik táblázat szelvénykigyűjtést tartalmaz, amelyben külön kiírásra kerülnek a szabvány (L, I, U, Z) idomacélok, a szabványosnak tekintett anyagok (fél I-szelvények, köracélok, lemezek, csövek) és külön a különleges szerkezeti elemek szerepelnek.

Minden egyes meghatározott méretű profil után fel van tüntetve, hogy a teljes szerkezethez milyen hosszúság

szükséges, valamint ennek a hosszának a súlya és felülete. Ez a táblázat is a súlyok és mázolandó felületek összetételével zárul.

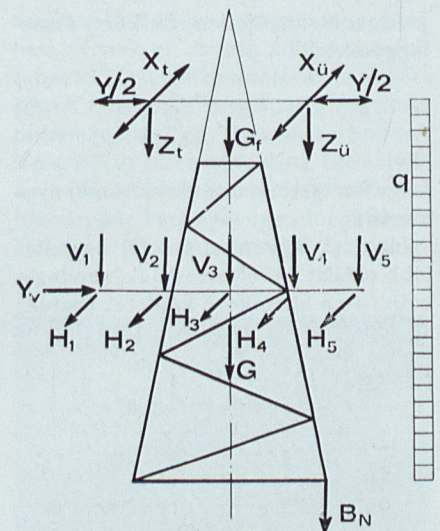
További terveink

A szerkezetek tervezési munkái három fázisra bonthatók:

1. A szerkezet geometriai méreteinek meghatározása és kialakítása.
2. A szerkezet igénybevételeinek számítása.
3. A szerkezet méretezése és ellenőrzése.

A felsorolt programok, de a nem ebbe a témakörbe tartozó, tehát itt nem említett egyéb magasépítési szerkezetek statikai számításait végző programok is, amelyeket 1970-ig készítettünk, csak a szerkezetek igénybevételeinek számításaira alkalmasak. A méretezés és ellenőrzés időrabló, unalmas munkája teljes egészében a tervezőre maradt. Ennél a munkánál felhasznált matematikai módszerek lényegesen egyszerűbbek az igénybevételek számításainál, de sokszor ismétlődnek, mert a szerkezet minden egyes elemét érintik. Ebből következik, hogy programja rendkívül sok adat felhasználásával dolgozik, tehát csak akkor gépesíthető gazdaságosan, ha ezek az adatok az előző programok eredményeiként átmásolás nélkül nyerhetők.

Annak érdekében, hogy a szerkezet-tervezéseknél minél több segítséget nyújthassunk a tervezőknek, program-sorozatot alakítottunk ki. Egy ilyen



7. ábra V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 függőleges, H_1, H_2, H_3, H_4, H_5 pályairányú és Y_v harántirányú erők a védőhálóról és annak szélterheléséből az állványra átadódó terhelés. Az egyéb jelölések a 3., illetve a 4. ábra szerint értendők

sorozat három programból állítható össze:

alapadatokat számító programból, a szerkezet igénybevételeit számító programból és a méretezéshez számításokat végző programból.

Az alapadatokat számító program teszi lehetővé, hogy az igénybevételeket számító programot a különböző geometriai méretű és elrendezésű szerkezetekhez, kevés — a tervekről leolvasható — adat megadásával használni lehessen. A program az eredményeket a következő program részére megfelelő csoportosításban, lyukszalagon rögzíti.

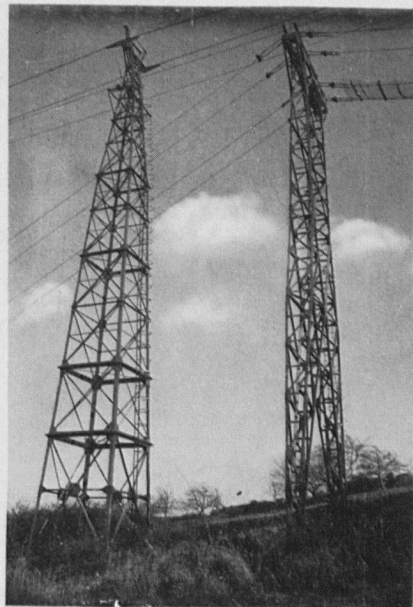
Ezekkel az egyszerű bevezető programokkal akarjuk elérni, hogy a nagy költséggel kialakítható második programot minél többször tudjuk használni anélkül, hogy az adat szolgáltatásához sok előkészítő számítást kelljen a hagyományos módszerekkel végezni. A második program is rögzíti lyukszalagon az eredményeket, a harmadik program pedig az első kettő adatszalgájával használható. A program-

rendszer második részének megfelelő pl. az előbbieken ismertetett állványok rúderőinek számítása, a harmadik programnak pedig a centrikusan nyomott és húzott rudak vizsgálata.

A programsorozatok használatával statikai vonalon még nincsenek nagy tapasztalataink. Figyelembe véve azonban a fejlődés irányvonalát, az egyre racionálisabb szervezést, reméljük, hogy egyre hasznosabb és idővel nélkülözhetetlen segítséget nyújthatunk a tervezőknek.

Felhasznált irodalom

- Imre G.: Sarureakció számítása — UVATERV-tanulmány (1968).
Imre G.: Kéttámaszú konzolos szalaghidak — UVATERV-tanulmány (1968).
Imre G.: Függőpályaállványok rúderőinek gépi számítása — UVATERV-tanulmány (1968).
Imre G.: Függőpályaállványok rúderőinek számítása — UVATERV-tanulmány (1970).
Kardos A.—Valkó Ö.: Építőipari Kézikönyv I. — Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1962).
Dr. Palotás L.: Mérnöki kézikönyv I. — Műszaki Könyvkiadó (1955).



8. ábra Belpátfalvi kötélpálya. Az állványra ható erők és a rúderők meghatározása gépi számítás útján történt

György Jakab:

ANWENDUNG ELEKTRONISCHER RECHENAUTOMATEN BEI DER PROJEKTIERUNG INDUSTRIELLER KONSTRUKTIONEN

Die Abteilung für Projektierung von Seilbahnen und Konstruktionen unseres Unternehmens verwendet zu ihrer Arbeit seit 1968 elektronische Rechenautomaten, einerseits zur Berechnung der Inanspruchnahmen der projektierten Konstruktionen, andererseits zur Zusammenstellung der Stahlspezifikationen, die eine Projektunterlagen bilden.

Statische Berechnungen werden bei der Projektierung von Seilbahnen und Förderbandbrücken angestellt. Bei den Seilbahnen erstrecken sich die Berechnungen auf die Reaktionskräfte der Lager, die Stabkräfte der Typengestelle und die Verankerungskräfte. Die Förderbandbrücken können zwei, drei oder vier Stützen haben; bei diesen werden die Stützkräfte und die Stabkräfte durch das Programm bestimmt.

Die Stahlliste besteht aus drei Tabellen. Die erste führt das Zeichen, die Länge, das Einheitsgewicht, das Gewicht und die Oberflächeninhalt der angewendeten Profile nach Fabrikationseinheiten (Konstruktionseinheiten) an. Die andere zählt die Fabrikationseinheiten, deren Gewicht und Oberflächeninhalt auf. Die dritte Tabelle führt separat die Zeichen der normierten oder als solche betrachteten, sowie die Zeichen der hiervon abweichenden Bestandteile (z.B. Güsse) auf die gesamte Konstruktion bezogen an. Im Falle eines jeden einzelnen Profils wird durch das Programm ausgedrückt, welche Gesamtlänge (Oberflächeninhalt oder Stückzahl) von dem betreffenden Profil benötigt wird; auch das Gewicht und die Anstrichfläche dieser wird durch das Programm angegeben.

Alle drei Tabellen werden mit der Summierung der Gewichte und Oberflächeninhalt abgeschlossen.

Jene statischen Berechnungen, die sich auf Seilbahnen beziehen, werden durch die Bemessungen der Zugstäbe und Druckstäbe ergänzt. Für die Dimensionierung der Druckstäbe wenden wir einen einfach behandelbaren Zusammenhang an.

Das Programm zur Berechnung der Stabkräfte wird derart erweitert, dass es auch für zweierlei Fachwerke und eventuell für Gestelle gültig sein soll, die mit Schutznetz versehen sind.

Die Berechnungsprogramme für Lagerreaktionen, Stabkräfte und Dimensionierung — welche die Daten für einander liefern — werden in ein System zusammengefasst.

Der Verfasser des Artikels ist Dipl. Maschinenbauingenieur György Jakab, der sein Diplom an der Fakultät für Werkzeugmaschinenbau der Miskolczer Technischen Universität für Schwerindustrie erwarb. Er ist Mitarbeiter einer Gruppe der Abteilung für Berechnungsautomatisierung von UVATERV; diese Gruppe befasst sich mit der Mechanisierung von statischen Berechnungen. Das Fachgebiet des Verfassers ist die Berechnungsmechanisierung der angewandten und neuen statischen Aufgaben und Methoden der Hauptabteilungen für Konstruktionsprojektierung und Architektur.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. Verankerung der Tragseile einer Seilbahn

Abb. 2. M_i = geodätische Höhe der Lager

l_i = Stützenabstand, horizontale Entfernung zwischen den Gestellen $i-1$ und i

$i=0, 1, 2, \dots, N+1$ = Reihennummer der Lager der Gestelle von der Anspannung angefangen in Richtung der Verankerung

w = Folgeabstand der Kleinwagen

Q = Förderwagengewicht, das den Streuungsfaktor des Ladegewichtes und den Gewichtsanteil des Zugseiles umfasst