

66. ábra

Lejtő csekély hajlásszögének mérése csőlibellával

Itt tehát már eleve ismerni kell az ξ'' libellaállandó számértékét. A lejtő vízszintes tétele céljából számítandó B beállópontnak megfelelő skálaérték:

$$B = \frac{n_1 + n_2}{2}$$

Ha most a lejtő hajlását a megfelelő állítócsavarral úgy változtatjuk meg, hogy a buborékközép B leolvasás helyére kerüljön, akkor ezáltal az alaplapot vízszintesre is tettük, - akár igazított a libella, akár nem.

Az előző 66. ábra szemlélteti a geodéziai műszertan főtételét is, amely szerint: a vízszinteshez képest α hajlásszögű talpvalra helyezett csőves libella buborékja átfektetés után mindenkor az α szög kétszeresének megfelelő ívvel mozdul el, - akár igazított a libella, akár nem. Ez a tétel képezi a műszerek libellával végzett ellenőrzésének és az igazításának az alapját.

7.35 A libella rendeltetése

A csőves libellának fontos szerepe van síkalaplapok, illetve "fekvőtengelyek" vízszintesre és "állótengelyek" függőlegesre való beállításánál.

7.351 A mérőműszerek fekvőtengelyének a vízszintesítése

A műszerek fekvőtengelyének vízszintesítése előtt előbb a csőves libella esetleges "keresztbenállását" kell kiküszöbölni. Keresztbenállás fenn van akkor, ha a fekvőtengely és a libellatengely kitérő egyenesek.

A keresztbenállás a következőképpen ellenőrizhető. A fekvőtengelyen nyugvó szabad csőves libellát, leemelése nélkül, hossz tengelyével párhuzamosan kissé előre, majd hátrafelé döntjük. Ha előredöntésnél az egyik, míg hátrafelé döntésnél a másik irányban tér ki a buborék, akkor keresztbenállás esete áll fenn. Megszüntetésére a libella két vízszintes irányú igazítócsavarja szolgál.

A fekvőtengely vízszintesítésének menete ezek után a következő.

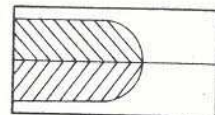
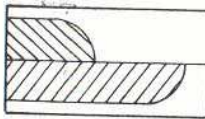
- A tengely állítócsavarjaival a buborékot N normálpontba hozni.
- Libellát átfektetni. Ekkor a buborék n kitérést mutat.
- A buborék kitérése egyik felét: $\frac{n}{2}$ -et, a talpcsavarokkal megszüntetni. Ezáltal a tengely vízszintes lett.
- A buborékkitérés másik felét a libella saját igazítócsavarjával eltüntetni. Ezáltal a libella is kiigazítást nyert, a buborékközéppont a cső N normálpontjával esik egybe.

7.352 Az állótengely függőlegesítése

- A tengely állítócsavarjaival a buborékot N -be hozni.
- A tengelyt libellástól 180° -kal elforgatni. Ekkor a buborék n kitérést mutat.
- A buborék kitérés egyik felét: $\frac{n}{2}$ -et a tengely csavarjaival kiküszöbölni. Ezáltal V -tengelyt függőlegessé tették.
- A buborék kitérés másik $\frac{n}{2}$ részét a libella igazító csavarjával megszüntetni. A buborék ekkor N -ben áll, a libella igazított.

7.36 A konkidenciás csőves libella

A libellacsővön itt nincs szükség skálabeosztásra. A libella fölött prizmarendszer foglal helyet, amely a buborékvégeket oly módon vetíti egymás mellé, hogy be nem játszó buborék esetén a 67. ábra bal oldali képe szerinti nem szimmetrikus helyzetet látjuk. Bejátszó buborék esetén



67. ábra

Koincidenciás csöves libella buborékjának képe

a jobb oldali szimmetrikus képe jelenik meg szemünk előtt. A buborék bejátsztatását a libella mozgztatására szolgáló csavar kellő elmozgatásával kell létrehozni.

7.37 A szelencés libella

Olyan belül étterrel vagy alkohollal töltött hengeres üvegtest, amelynek felső felülete gömb-süvegfelület. A beosztásvonalakat itt koncentrikus körök pótolják, amelyek közös központja: a csiszolt felület "főpontja". A szelencés libellát alárendelt pontosságú igények mellett használjuk. Ellenőrzése csöves libellával történhet, igazítására igazító csavarok szolgálnak.

7.4 Leolvasó berendezések

Szögmérő műszereink vízszintes és magassági körein általában $5' \sim 30'$ a legkisebb osztásintervallum. Ennek és törtreszéinek leolvasására a leolvasó berendezések szolgálnak. Ilyenek a nóniusz és a különböző mikroszkópok.

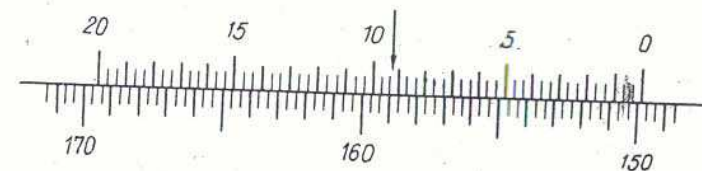
7.41 A nóniusz

Ez a főbeosztás mellett eltolható olyan segédskála, amellyel a főbeosztás törtreszéi is szabatosan leolvashatók. A geodéziában kizárólag használatos elmaradó nóniusz esetében a főbeosztás $(n-1)$ számú intervallumának (osztásközének) a nóniusz- n számú osztásköze felel meg, azaz:

$$(n-1) L = nN,$$

ahol L a főbeosztás, míg N a nóniusz intervallumát jelenti. Innen a nóniusz leolvasási határértéke, vagy pontossága: $L-N = \frac{L}{n}$.

A nóniusz pontossága tehát egyenlő a főbeosztás (limbuszkör) legkisebb osztásegysége osztva a nóniusz osztásrészeinek számával. A 68. ábrabeli nóniusz esetében $L = 20'$, $n = 60$, tehát $(L:n) = 20':60 = 1:3' = 20''$.



68. ábra

Leolvasás az elmaradó nóniuszon

Az ábrázolt esetben a nóniusz-skála nullavonása mint leolvasó index a főbeosztás $149^{\circ}40'$ és $150^{\circ}00'$ osztásvonalai között áll. A közbeeső $20'$ -es intervallum törtreszéinek megállapítása végett azt kell megfigyelni, hogy a nóniusz melyik skálavonása van koincidenciában a főbeosztás valamelyik vonásával. Az ábrabeli esetben véletlenszerű "feles állás" van, ui. a koincidenciát egyformán csak megközelíti a nóniusz $9'00''$ -es és $9'20''$ -es vonása. Vesszük a középértéket, $9'10''$ -et, a teljes leolvasás tehát: $149^{\circ}40' + 9'10'' = 149^{\circ}49'10''$. A nóniusz olcsó, de a szemet fárasztó leolvasó berendezés.

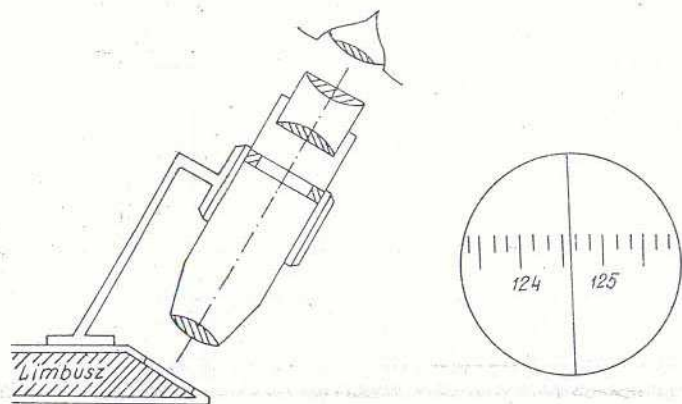
7.42 A leolvasó mikroszkópok

A leolvasó mikroszkópok számos válfaja közül csak néhány főtípust ismertetünk. Olyan, erősen nagyító kis távcsövekről van szó, amelyek törvénye: $f < t < 2f$ és $k > 2f$. Itt tárgyként az igen kisméretű skálaközök szerepelnek. Az erősen nagyított kép reális és egyenes állású.

7.421 A becslő mikroszkóp

Keresztmetszeti vázlatát a 69. ábra mutatja (lásd köv. old.) a látómezővel együtt.

Két lényeges része: a mikroszkópcső és az okuláriscső. A tárgylencse a limbuszosztás képét a szállemez síkjában létesíti. A mikroszkópcsőben levő szállemezen egyetlen indexvonás van. A leolvasás jelen esetben: $124^{\circ}36'$, ahol az első percek becslésében $(1 \sim 2)'$ -es bizonytalansággal kell számolni. A legkényelmesebb, de korlátolt pontosságú leolvasó berendezés.



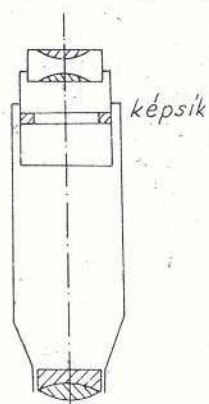
69. ábra
Becslő mikroszkóp

7.422 A beosztásos vagy skálás mikroszkóp

Három része van:

- a főcső az objektívvel,
- a szálcső, üveglemezen levő skálabeosztással (segédbeosztás),
- az okuláris, vagy szemcső.

Leolvasó indexül a főbeosztás egyik vonása szolgál. A 70. ábrabeli mikroszkóp látómezejében a leolvasás: $241^{\circ}53,6'$. Itt tehát az első percek élesen, azok törtrészei (a másodpercek) becsléssel olvashatók le. Szintén kényelmes és viszonylag pontos leolvasó berendezés.

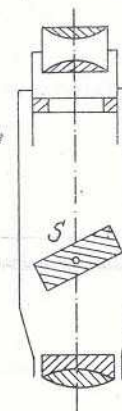


70. ábra
Beosztásos vagy skálás mikroszkóp

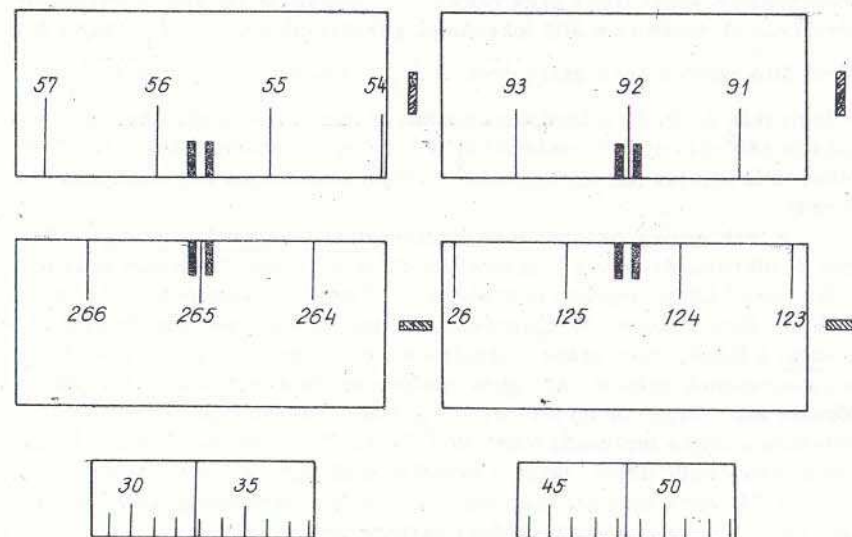
7.423 Az optikai mikrométer

A szállemez és az objektív között S síküveglemez foglal helyet, amely a nem merőlegesen ráeső fénysugarakat párhuzamosan eltolja (71. ábra).

A síküveglemezzel kapcsolt mikrométercsavart úgy kell elforgatni, hogy a kettős indexvonal a főbeosztás legközelebbi skálavonását közrefogja. A segédskála egyszerű indexvonalával ekkor az elsőpercek leolvashatók, azok törtrészei pedig becsülhetők. A modern mikrométerek 72. ábrabeli látómezejében egyidejűleg jelenik meg mind a H vízszintes kör, mind a V magassági kör képe. Az indexvonalnak a H körbeosztással való fent leírt értelmű koincidáltatása után a vízszintes körleolvasás, utána pedig az indexvonalnak a V-körrel való koincidenciájában a magassági körleolvasás végezhető el. A 72. ábrán a vízszintes kör leolvasása $265^{\circ}32,8'$, a magassági köré $92^{\circ}48,3'$.



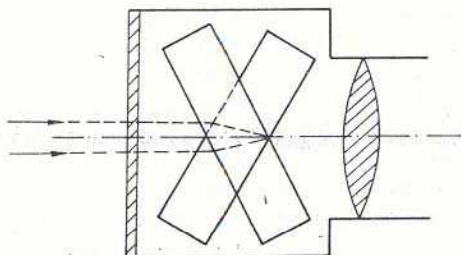
71. ábra
Siküveglemezes optikai mikrométer



72. ábra
Optikai mikrométer látómezeje

7.424 A koincidenca-mikroszkóp

Ez a legfejlettebb optikai leolvasóberendezés a diametrálisan szemben fekvő körbeosztási helyek ℓ_1 és ℓ_2 leolvasásait nem külön-külön, hanem egyetlen mikroszkópban, azoknak automatikusan képzett $(\ell_1 + \ell_2):2$ középértékét adja meg. Lényeges szerkezeti elem: a közös tengely körül mikrométercsavarral elforgatható két síklüveglemez (73. ábra), vagy két



73. ábra

A koincidenca mikroszkóp lemezpárja a fénysugarakat párhuzamosan eltolja

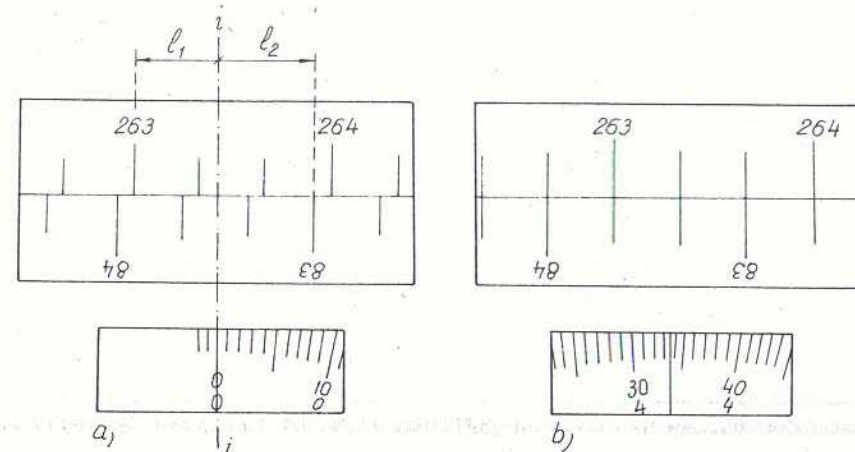
üvegprizma, amelyekkel a rájuk eső, diametrális körhelyekről érkező fénysugarak párhuzamosan eltolhatók mindaddig, amíg bekövetkezik a két skálahely vonásainak koincidencaja. A 180° -kal diametrálisan egymással szemben fekvő körbeosztási helyek a mikroszkóp látómezejében vízszintes osztóéllal elválasztva egymás fölött jelennek meg.

A működési elv számpélda nyomán való szemléltetése végett induljunk ki a 74. ábra a képéből, amikor a két diametrális skálahely vonásait a mikrométercsavarral még nem hoztuk koincidencaiba. Az eredményvonallal jelölt fiktív vagy valódi $i-i$ indexvonáshoz képest eszközölt leolvasás az egyenesen álló fokszámok körosztáshelyén: $+\ell_1$, míg a fordítva álló számok körosztáshelyén: $+\ell_2$. Amiből a középérték $= (\ell_1 + \ell_2):2$.

A leolvasás első- és másodperceit tehát elvben úgy kapjuk, hogy az egymástól 180° -kal eltérő, számokkal is kiírt egész számú fokos felső és alsó főbeosztásvonalak (az ábrában 263° és 83°) látszólagos intervallumát felezzük.

A mikroszkóp azonban a középértékelést automatikusan végzi. Evégett a mikrométercsavar forgatásával először is koincidencaiba hozzuk a mikroszkóp látómezejében megjelenő felső és alsó skálamezőt. Ezt mutatja a 74. ábra b képe. Az egyenesen álló számsoron csak ezután szabad leolvasni a fokok, majd utána a vázolt elv értelmében az elsőpercek tizes sokszorosainak számát. Az egyes elsőpercek és a másodpercek végül a főskála alatt (vagy fölött) levő mellékskálán olvashatók le. Az ábrabeli példában a teljes leolvasás tehát: $263^\circ 24' 33,7''$. A leolvasó index, ha van ilyen, kényelmet jelent, de nem okvetlen szükséges a leolvasáshoz.

A 74. ábra szerinti koincidencaiba hozatal pontossága kellő gyakorlat után $\pm 1''$. Az irányzó távcsővel párhuzamosan egybeszerelt koincidenca-mikroszkóp több válfaja létezik.



74. ábra

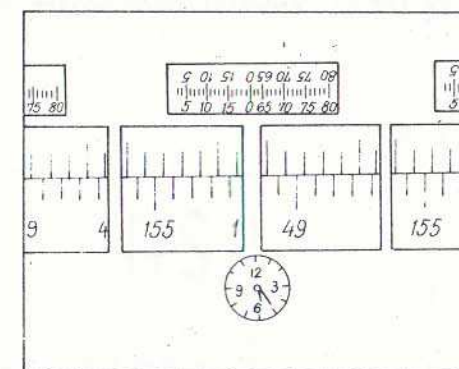
A középértékelő koincidenca-mikroszkóp látómezeje

7.43 A körleolvasás fényképi rögzítése

Ez a terepen való mérésekre alkalmas idő jobb kihasználását teszi lehetővé azért, hogy a leolvasást a terepen nem kell elvégezni, mert a leolvasóberendezésben látható képet gombnyomással filmszalagon rögzítjük. A leolvasás a filmszalagról már irodai munka során végezhető el. Előnye az is, hogy a leolvasás bárhányszor megismételhető, tehát esetleges hibák mindenkor kijavíthatók.

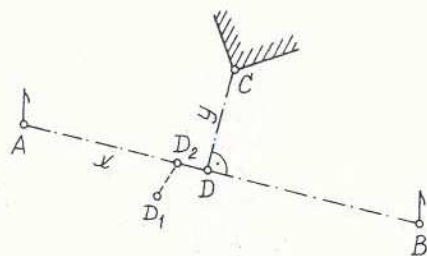
E célból a szögmérő műszer optikai rendszerébe eső 48 felvétel számára alkalmas 24 mm x 24 mm-es robot-kamarát építenek be. Az exponálási idő $1/50$ -ed időmásodperc. Egy prizma átkapcsolása által a leolvasás bármikor vizuálisan is elvégezhető.

A felvételek kiértékelése vagy külön mikroszkóppal történik, vagy a filmet kidolgozás után behúzzák a teodolit optikai mik-



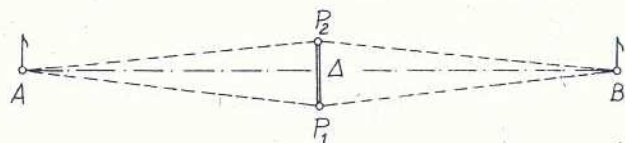
75. ábra

Robot kamara gombnyomásra filmszalagon rögzíti a leolvasó berendezés képét



78. ábra
Részletes felmérés kettős
szögprizmával

letkezett Δ eltérés mértéke tájékoztat a prizma használhatósága felől.

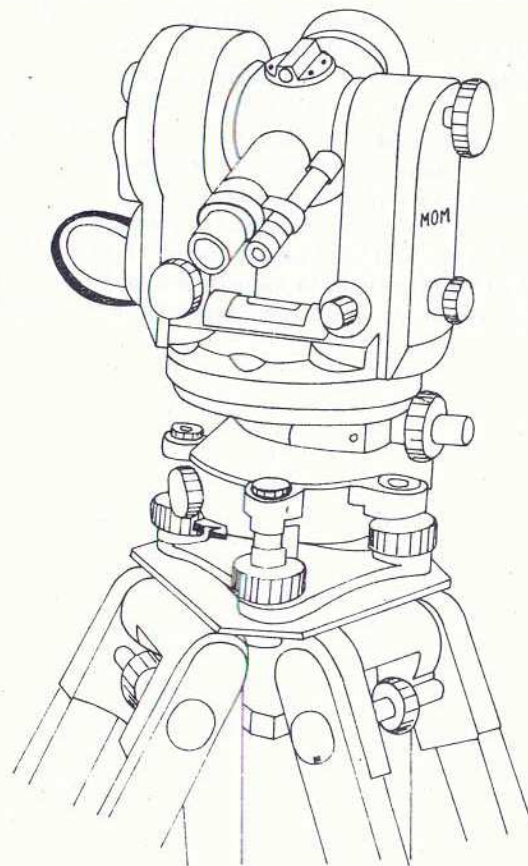


79. ábra
A kettős szögprizma ellenőrzése

8. A TEODOLIT

A teodolit a geodézia legfontosabb műszere. Rendeltetése:

- vízszintes szögek mérése;
- magassági szögek mérése;
- távolságok optikai uton való mérése.



80. ábra
MOM-féle egymásodper-
ces leolvasó képességű,
Te-B1 jelzésű optikai
teodolit

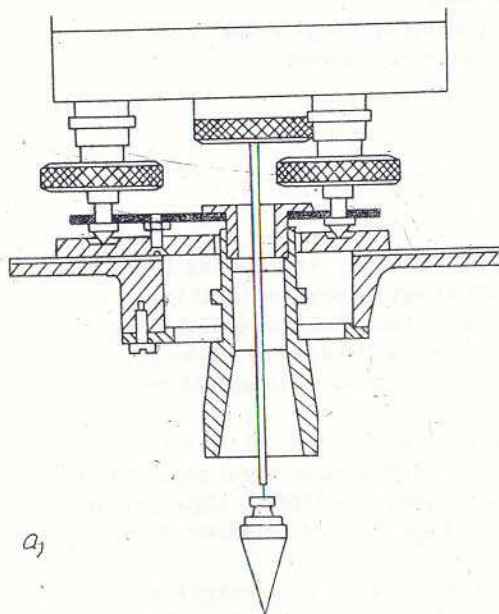
A teodoliton megkülönböztetünk: alépitményt és felépitményt. Az alépitmény mérés közben mozdulatlan, míg a felépitmény az állótengely körül forgatható (80. ábra, lásd előző old.). Az alépitményhez tartozik a műszertalp a limbuszkör nevű vízszintes körtárcsával és a három talpcsavarral, amelyek csúcsai egyenlő oldalú háromszöget alkotnak.

Az alhidádé nevű felépitmény lényeges részei:

- a) az állótengely, b) a szorosabb értelemben vett alhidádé nevű két-karú körtárcsa, c) a leolvasó berendezések, d) a libellák, e) a fekvőtengely, f) a magassági kör, g) a távcső.

8.1 A műszerállvány (statív) és a teodolit

A mérések tulnyomórészt műszerállványra erősített teodolittal történnek. A fából, vagy ujabban fémből is készült statív háromlábú. A statív-lábak lehetnek állandó, vagy változtatható hosszúságúak. Bányamérések céljaira az utóbbiak szükségesek. A teodolit ráerősítésére a statív-fejrész nyílásán átnyúló összekötő csavar (szívcsavar) szolgál. A 81. ábra a kép-



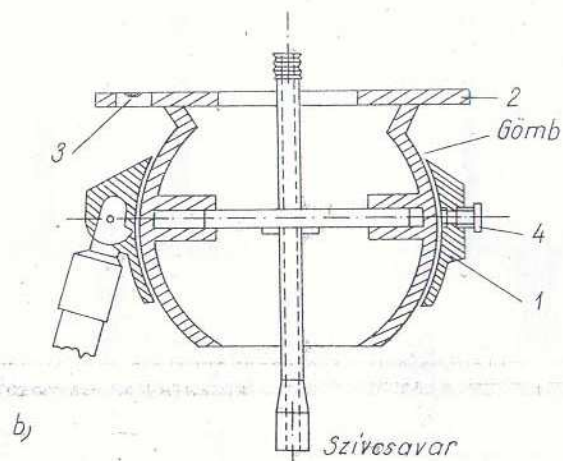
81/a ábra

A teodolit üreges összekötő csavarja
zsinóros függélyezővel

beli üreges szívcsavar lehetővé teszi - a teodolitnak a geodéziai pont fölé való központos felállítására céljából - nemcsak az ábrabeli zsinóros függélyező, hanem optikai vetítő használatát is.

Az állvány szerkezeti megoldása a kellő stabilitás mellett lehetővé kell tegye a teodolitnak akár főtepontra, akár talppontra való szabatos, de emellett gyors felállítását is. Ezeket a követelményeket elégíti ki a Tanszéken tervezett és készült billenőtányéros bányászati teodolitállvány (81. ábra b képe).

Állványfeje 1 gömbcsuklós kiképzésű. A műszertartólap 2 szelencés libellá-



81/b ábra

Billenőtányéros bányászati teodolit-állvány

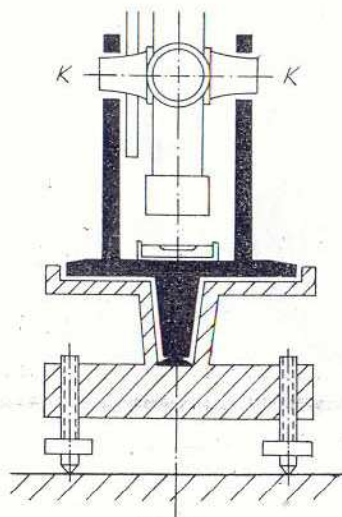
val 3 szintesíthető. Rögzítésére egyetlen csavar 4 elegendő. Ez a fejrész a hagyományos stativokra is könnyen felszerelhető.

8.2 A teodolitok osztályozása

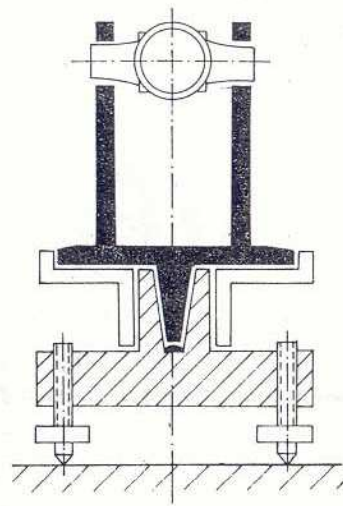
A műszertalp, a limbuszkör és az alhidádé kölcsönös kapcsolata szerint három típus különböztethető meg.

Az egytengelyű vagy egyszerű teodolitban (82. ábra, lásd köv. old.), a limbuszkör elválaszthatatlanul egybeépült a műszertalppal, tehát nem forgatható. Az állótengelye körül forgatható alhidádénak a limbuszkörhöz, egyben tehát a műszertalppal való rögzítésére és attól való oldására a kötőcsavar, finom mozgatócsavar pedig az irányítócsavar ("parányicsavar") szolgál.

A kettőtengelyű, szorzórendszerű teodolit (83. ábra, lásd köv. old.). Ennek a típusnak a legcélszerűbb, ún. Borda-féle megoldásánál a műszertalppal képest mind a limbuszkör, mind pedig az alhidádé külön-külön el-forgatható, illetve rögzíthető. A szorzórendszerű teodolitnak tehát két állótengelye van; az alhidádé-tengely és a limbusztengely. Ezek mindegyikének van saját kötő- és parányicsavarja. Az összetartozó kötő- és parányicsavart egyes modern teodolittípusoknál közös centrikus tengellyel bíró koaxiális csavarrendszerként képezik ki.

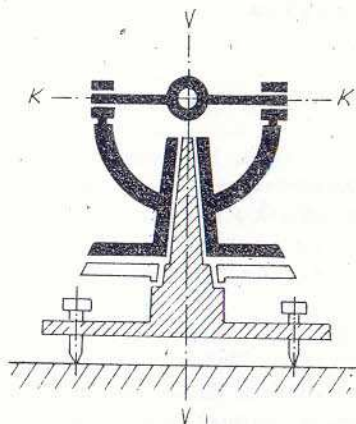


82. ábra
Egytengelyű (egyszerű)
teodolit



83. ábra
Kettőtengelyű szorzó-
rendszerű teodolit

A kettőtengelyű, ismétlődőrendszerű teodolit (84. ábra)

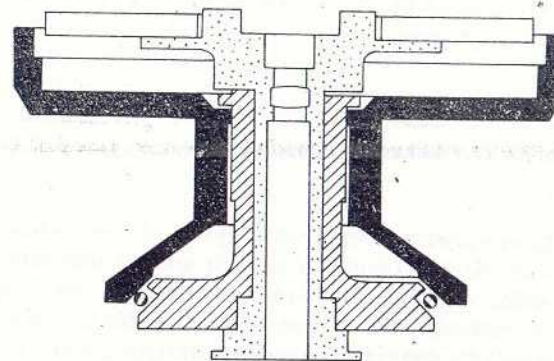


84. ábra
Kettőtengelyű ismétlő-
rendszerű teodolit

Általában ilyenek a szabatos leolvasó képességű teodolitok. Az alhidádé és a limbusz a műszertalphoz, illetve egymáshoz képest itt is szabadon elforgathatók, de kötő- és paránycsavarja csak az alhidádénak van. A limbuszkört csak a surlódás rögzíti a műszertalphoz. Elforgatására és valamely kívánt fokértékre való közelítő beállítására recézett tárcsa szolgál.

8.3 Az állótengely tehermentesítése

Az állótengelyre nehezedő súly miatt szükséges tehermentesítés lényege: a rendszerint hengeres tengely alátámasztása, vagy felfüggesztése. Az újabb kiviteli formánál az alhidádé egy szabatos golyós csapágyas rendszer alkatrésze. Ilyen megoldást alkalmaztak a MOM Te-B1 jelzésű 1"-es leolvasású ismétlődőrendszerű teodolitban is (85. ábra).



85. ábra

A MOM Te-B1 típusu teodolit állótengelyének
golyóscsapágyas tehermentesítése

8.4 A teodolit alkatrészei

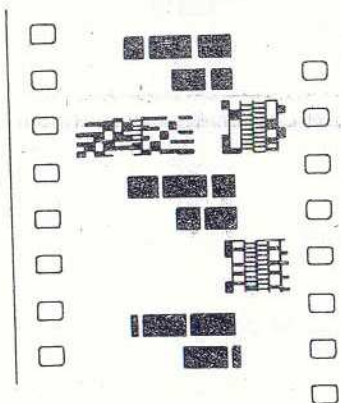
A libellák. Legfontosabb az alhidádélibella, amellyel az állótengely függőlegesre állítható. Ugyanez érhető el egy nyereglibellával is. Ez utóbival meredek irányok magassági szöge is szabatosan megmérhető. A magassági kör indexlibellája lehetővé teszi a magasságmérés indexhibájának megállapítását és számbavételét. A távcső-libellával felszerelt teodolit szintezésre is alkalmas.

Az irányzó távcsövet már az előzőekben ismertettük. A fekvőtengely körül függőleges síkban forgatható, kötő és paránycsavarral rögzíthető. A bányászatanál előforduló igen meredek irányok mérésére különösen alkalmas a fekvőtengely csapágyán kívül, különponton elhelyezett távcsövű teodolit.

Az osztott körök. Mind a limbuszkör, mind a magassági kör üvegből készül, óramutató szerint haladó, régi 360 fokos vagy új 400 gráduszos beosztással. Minél nagyobb a körátmérő, annál kevésbé éreztetik hatásukat

a körleolvasásban az osztáshibák. Az alsógeodéziában használt teodolitok vízszintes (limbusz-) körének átmérője 6-10 cm, a magassági körátmérő ennél rendszerint valamivel kisebb. Vízszintes szögmérésnél a limbuszkör mozdulatlanul áll, a leolvasó index pedig a távcsővel együtt elfordul az alhidádén.

Leolvasó berendezések. A KÓD-teodolit. Az osztott körök hagyományos leolvasó berendezéseit már megismertük. A leolvasás terén a legújabb irányzatot az ún. kód-teodolit képviseli. Ilyen műszert gyártanak a MOM-ban is 1967 óta. A kód-teodollal mért irányértékeket a terepen egyáltalában nem olvassák le. Az eddigi mérési jegyzőkönyvet ugyanis filmszalag vagy mágneses szalag helyettesíti, amelyen a leolvasások gombnyomásra regisztrálódnak. A film-, vagy mágnesszalag fehér mezőben jelentkező fekete jelrendszer fényképe alakjában rögzíti a leolvasást. Egy kód-teodolit "kodifikált" osztott köréből mutat be részletet a 86. ábra. Az így nyert szalagból elektronikus folyamat eredményeként származik az elektronikus számológépben szükséges lyukszalag. Ez a gép kiszámítja a koordinátákat és rajzolóberendezéssel összekötve térképezi is a tereppontokat. Kiszámítja a birtoktestek



86. ábra

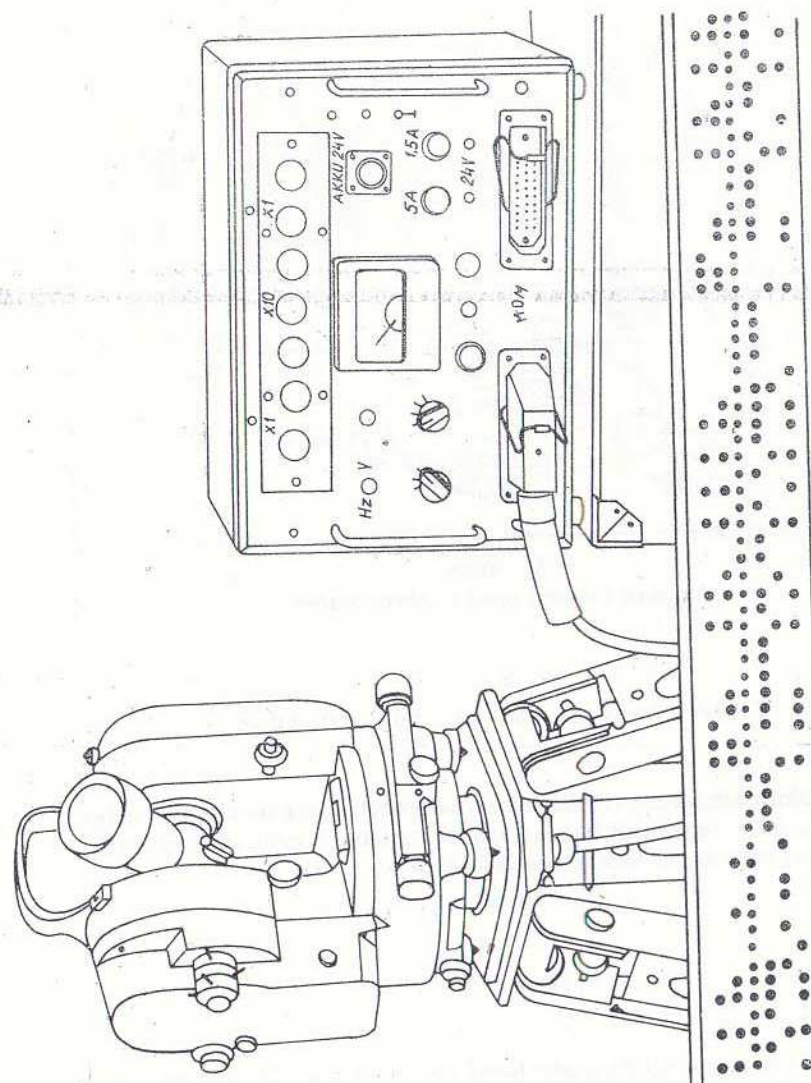
Kód-teodolit kodifikált osztókörének részlete

területeit is, amelyek határvonalai 2 méteres bázisléc közvetítésével ugyancsak a kód-teodollal mérhetők be.

Az 1967-ben a világpiacra került MOM Ko-BI típusu műszer vonalas-rajzát, elektronikus berendezését, valamint a mérési adatokat rögzítő lyukszalag részletét mutatja be a 87. ábra.

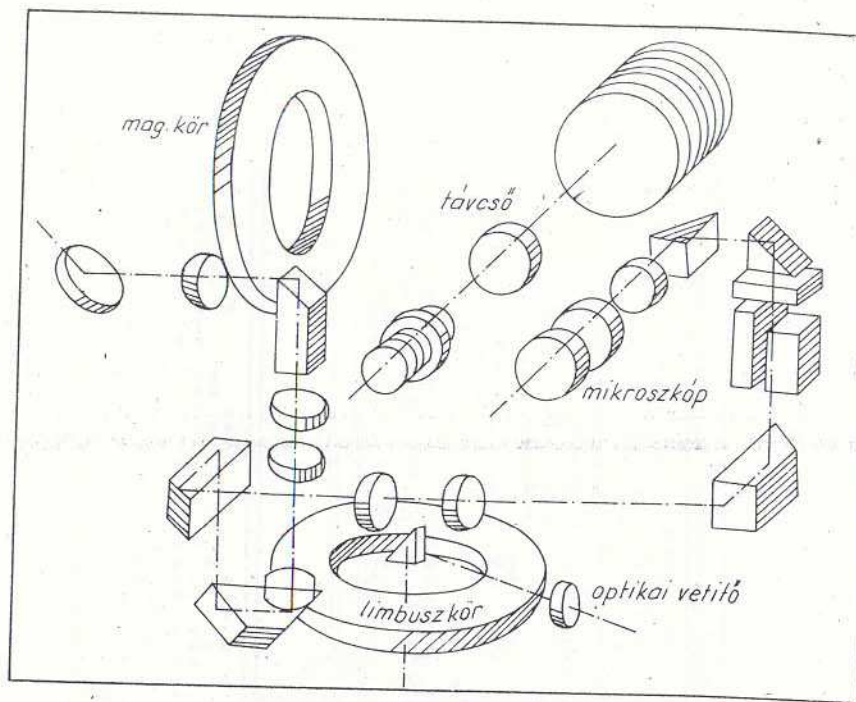
A lyukszalagon nyer rögzítést a vízszintes- és magassági körleolvasáson kívül 8-jegyű azonosítási számcsoport alakjában a mérés kelte, az időjárás viszonyok, az észlelő neve, egy-egy irány koincidencia-regisztrálásainak száma, a mérés jellege (pl. "sokszögelés"). Az azonosítási számcsoport segítségével irányszögek és pontkoordináták is rögzíthetők.

A vízszintes és magassági szögmérés optikai mikrométerrel történik, mint az 1"-es MOM teodolitoknál általában. A koincidenciába hozatalt a műszer automatikusan végzi, irányonként 0,2 időmásodperc alatt. Tartozéka: bázisléces távmérőberendezés. A műszer fő alkalmazási területe: városmérési, sokszögelési, háromszögelési és egyéb tömegmunkáknál.



87. ábra

A MOM Ko-BI típusu kód-teodolit vonalas rajza, elektronikus berendezése és lyukszalagjának részlete



88. ábra
Modern teodolit optikai berendezése

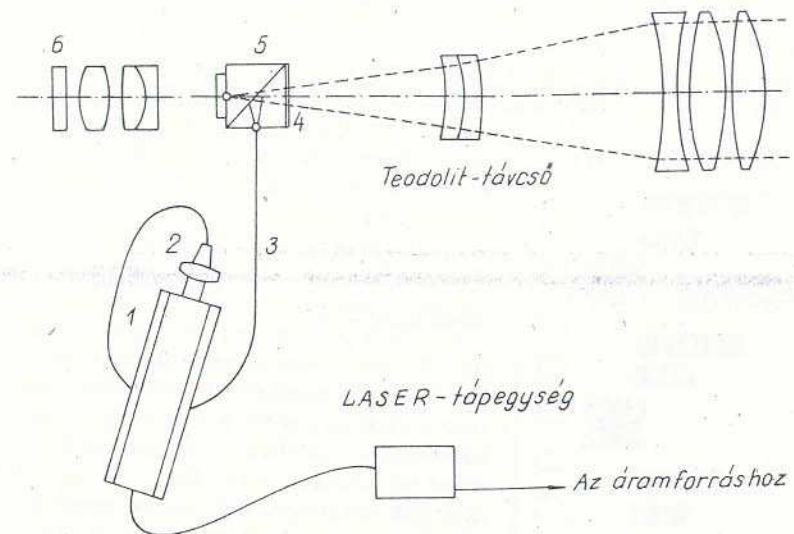
8.5 A teodolit optikai berendezése

A teodolit központos felállításra, a célpontok szabatos megirányozására, a vízszintes és a magassági kör leolvasására céljából a modern teodolitoknak bonyolult optikai rendszere van (88. ábra).

8.6 A laser-teodolit

A műszer a teodolit és a gáz-laser kombinációja. Célja a geodézia különböző kitűzési feladatainak megkönnyítése a vörös zsinórként látható laser-sugár segítségével. Alkalmas például a föld alatt a vágatkihajtó munkagépek irányítására.

A berendezés elvi vázlata a 89. ábrán látható. Az (1) laser sugárnyalábját a (2) lencse koncentrálja. A sugár a (3)-as vezetéken át jut az (5) osztóprizmán levő (4) szátkereszt síkjába, pontosan a teodolittávcső optikai



89. ábra
Laser-teodolit berendezésének elvi vázlata

tengelye irányába. A mérés céljaira nem pontlaser, hanem a laserfény vetítette szátkereszt szolgál. Kedvező meteorológiai viszonyok esetén a 400 m távolságig terjedő egyenesbeintés bizonytalansága csak néhány mm szokott lenni.

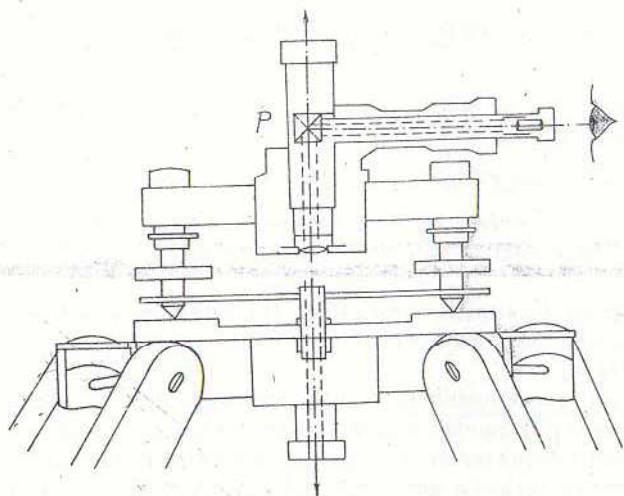
8.7 A teodolit segédberendezései

A vetítők. Velük a teodolit a geodéziai pont függőlegesében állítható fel.

A zsinóros függő (81. ábra). A felfüggesztésére szolgáló horog üreges összekötőcsavar esetében a talpcsavarok szintjében van. A zsinóros függő szélmentes időben, mérsékelt pontossági igények mellett alkalmazható.

A merev vetítő a műszertalpra csavarható és a ráerősített szelencés libellával függőlegesen állítható rud. Két egymásba tolható csőből áll, centiméteres beosztásán a műszermagasság közvetlenül leolvasható. A vetítő libelláját használat előtt ki kell igazítani. A vetítő függőleges helyzetét mindig pontraállásnál a libella körülforgatásával ellenőrizzük.

Az optikai vetítő, mint önálló szerkezet, lehetővé teszi a teodoltnak talp- és főtepontra vonatkozó központosítását (90. ábra). Tört távcsőve T-alaku és szátkereszttel felszerelt. A függőleges objektívcső mindkét



90. ábra

Talp- és főtepontra is központosító optikai vetítő

végén egy-egy tárgylencse van. A szemcső vízszintes helyzetű. A táveső háromlábú műszertalpatában körben forgatható. Irányvonalának függőlegesítése két egymásra merőleges, érzékeny csőlibellával történik. Az irányvonalnak a talppont, vagy a főtepont felé való átváltására a két objektív közé iktatott P prizma szolgál.

Az optikai vetítőt, mint önálló szerkezetet a később ismertetett kényszerközpontosító berendezéssel kapcsolatban kell használni. A teodolit talpába, vagy az alhidádéba beépített kis távcsőként is használatos (88. ábra). Használat előtt zsinóros függővel ellenőrizendő és igazítandó.

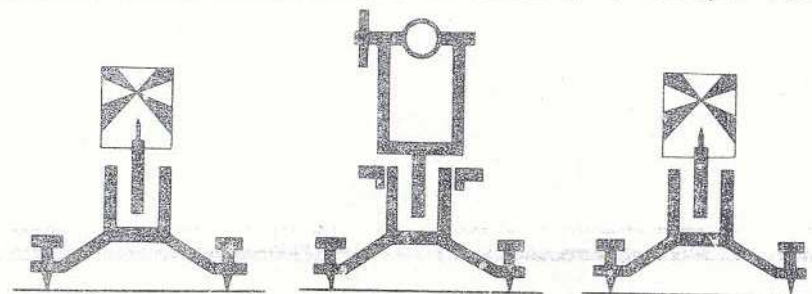
A modern teodolitokat elektromos világítással szerelik fel, ami bányaméréseknél el nem engedhető követelmény.

8.8 Kényszerközpontosító berendezések

Rendeltetésük az, hogy a teodolit és a céltárcsa helycseréje alkal-mával a szerkezetek állótengelye azonos függőlegesbe kerüljön. A mérést meg is gyorsítják, minthogy egy-egy állásponton csak egy ízben kell a pontraállást elvégezni. Jelentőségük különösen a bányamérésekben nagy.

Sokszögvonalak törésszögeinek kényszerközpontosításos mérésénél a 91. ábra szerint három stativra és három műszertalpra van szükség.

Hosszu történeti fejlődés után jelenleg a legjobbnak látszik a MOM Te-B1 teodoliton alkalmazott automatikus kötési kényszerközpontosító be-
rendezés. Kiküszöböli a korábbi ún. "lábcsatornás" és "hüvelyes" rend-



91. ábra

A kényszerközpontosítás elve

szerek hátrányait. Eredeti módon a talpcsavarok nem a teodoliton, hanem csucsuikkal felfelé, a stativ fejrész ún. talplemezén vannak ágyazva. A V-alaku lábcsatornák ugyancsak fordított helyzetben, a teodolittal összeépült műszertalpat három, egyenlő oldalú háromszöget alkotó furatában vannak. A teodolit és a talpcsavarok szilárd kapcsolatát a műszertalpon ágyazott háromágú rugalmas rögzítőlemez biztosítja. Egy gomb elforgatása a kötést oldja, úgyhogy a teodolit a stativon levő talpcsavarokról leemelhető, és helyébe kényszerközpontosítással jeltárcsa ültethető. A rögzítés automatikusan történik.

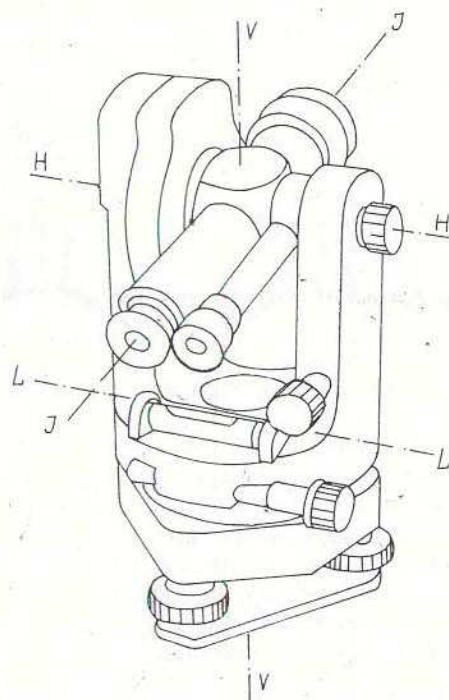
8.9 A teodolit-tengelyek és a velük kapcsolatos követelmények

A teodoliton négy tengely viszonylagos helyzete képezheti vizsgálat tárgyát. Ezek pedig: V = az állótengely, H = a fekvőtengely, I = a távcső irányvonala, L = az alhidádélibella (vagy a nyereglibella) tengelye (92. ábra). A kiigazított műszer tengelyei három követelményt kell kielégítse-nek:

- $V \perp L$;
- $I \perp H$;
- $H \perp V$.

Az első feltétellel elérjük azt, hogy bejátszó libella mellett V állótengely függőleges lesz. A második követelmény értelmében a távcsőnek

H fekvőtengely körül történő forgatásakor I irányvonal egy síkot kell leírjon. A harmadik követelmény megvalósulása esetén ez a sík függőleges állótengely esetén egyben függőleges sík is lesz.



92. ábra
A teodolit tengelyei

Hogyha I nem merőleges H-ra, akkor kollimációhibáról, nem vízszintes H-tengely esetén pedig inklinációhibáról beszélünk.

Az I irányvonal, valamint H fekvőtengely hibájának a limbusz kör leolvasására gyakorolt káros hatása kiküszöbölést nyer azáltal, hogy előírás szerint minden irányt két távcsőállásban mérünk meg és az összetartozó két, kismértékben eltérő limbuszleolvasás középértékét képezzük.

Az összetartozó két mérés középértékéből egyidejűleg még a következő hibák befolyása is kiküszöbölést nyer:

- a) az alhidádékörnek a limbusz körhöz viszonyított külpontossága,
- b) a teodolit távcsővének külpontossága,
- c) a limbusz kör két leolvasóberendezésének nem pontosan diametrális helyzetéből származó hiba.

A mérsékelt nagyságu kollimációhiba, valamint a hasonló inklinációhiba javítással való kiküszöbölése tehát el is maradhat. Ellenben az állótengely hibájának, valamint a külpontos felállítás (pontraállítás) hibájának a limbuszleolvasásra gyakorolt káros befolyása semmiféle mérési módszerrel ki nem küszöbölhető.

A teodolit szabályszerű felállításának és használatának főszabályai tehát

- a) az állótengely - az alább részletezett módon - a leggondosabban függőlegesítendő,
- b) az állótengely függőlegese a pontjelen menjen át,
- c) minden irány mérést két körfekvésben kell végezni és mindkét leolvasó berendezést leolvasni, - ha kettő van.

Az elmondottak értelmében az $I \perp H$ és $H \perp V$ feltételek teljesítésétől a korszerű teodolitok esetében eltekinthetünk és így ezt a két vizsgálatot itt nem részletezzük.

Az állótengely függőlegesítése ($V \perp I$), történhet akár az alhidádéli-bellával, akár az esetleg rendelkezésre álló érzékenyebb nyereglibellával.

A libellát két talpcsavar által meghatározott "első főirányba" hozzuk és ezekkel a talpcsavarokkal a buborékot bejátszatjuk. Ezután az alhidádét 180° -kal elforgatjuk. A jelentkező buborékkitérés felét az első főirány két talpcsavarjával tüntetjük el. Így az állótengely egy síkban már függőlegessé vált. A buborékközpontnak ezt az I. helyzetét megjegyezzük.

Ezután az alhidádét 90° -kal a "második főirányba" elforgatva a libella buborékját ismét az I. helyzetbe hozzuk az eddig nem használt harmadik talpcsavarral. Ezáltal az állótengelyt két egymásra merőleges síkban, tehát teljesen függőlegessé tettük. Az eljárás szükség esetén megismétlendő.

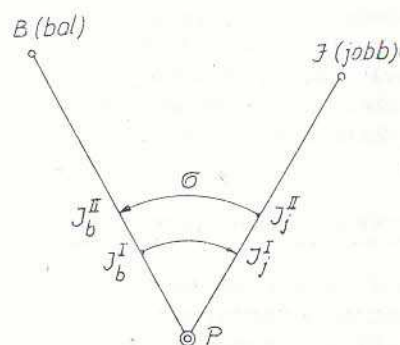
A leírt gyakorlati eljárás során a libellához nem nyultunk. Amennyiben azonban a libellát is ki kívánnók igazítani, akkor a libelláról szóló fejezetben az állótengellyel kapcsolt libellára nézve megadott eljárás követhető.

9. A VÍZSZINTES ÉS MAGASSÁGI SZÖGMÉRÉSEK

9.1 A vízszintes síkbeli szögmérések

9.11 Egyszerű szögmérés

Az egyszerű szögmérés egyes műveleteinek sorrendje (93. ábra): P műszerállásponton a teodolit szabályszerű felállítása után kötött limbusz mellett, első távcsőállásban előbb a bal szögcszár, majd a jobb szögcszár pontjelét irányozzuk meg. A megfelelő limbuszleolvasásokat elvégezve, megkapjuk az I_b^I és I_j^I irányértékeket. Ezután a távcsövet áthajtjuk és hasonló módon elvégezzük a méréseket a második távcsőállásban is, most azonban előbb a jobb szögcszárát, utána a bal szögcszárát irányozzuk meg.



93. ábra

Az egyszerű szögmérés műveleteinek sorrendje

A limbuszleolvasások legyenek itt:

I_b^{II} és I_j^{II} . Valamennyi leolvasást a jegyzőkönyvben gondosan feljegyezzük.

A geodéziában meghonosodott szabály szerint mind az egyszerű szögmérésnél, mind a következőkben tárgyalandó iránymérésnél első távcsőállásban az óramutató járásával egyező értelemben, ellenben a második távcsőállásban az óramutatóval ellentétes értelemben forgatjuk az alhidádét.

Az egyszerű szögmérést így módon elvégezve, a jegyzőkönyvben számuk szerint képezzük az egyes szögcszárakra vonatkozó limbuszleolvasások számtani középértékét:

$$I_b = \frac{I_b^I + I_b^{II}}{2} \quad \text{és} \quad I_j = \frac{I_j^I + I_j^{II}}{2}$$

A mért vízszintes σ szög pedig:

$$\sigma = (I_j - I_b)$$

Ismételt egyszerű szögmérésről beszélünk akkor, ha az imént leírt műveleteket s -szer megismételjük, ahol s a sorozatok (ismétlések) szá-

mát jelenti. Azonban a körosztás hibáinak lehető kiküszöbölése céljából a limbuszkört minden ismétlés előtt (180° -s) értékkel elforgatjuk. Az egyes sorozatokban kapott szögeértékek számtani közepét fogadjuk el a szög végleges értékéül.

9.12 A szorzó szögmérés

Csak szorzórendszerű teodolittal végezhető. Oly esetben lehet értelme, amikor a rendelkezésre álló teodolit leolvasóképesége aránylag csekély az irányzás pontosságához képest.

A szorzó szögmérés lényege az, hogy ugyanazt a mérendő szöget mintegy többször egymás mellé reáviszunk a limbuszkörre. A szög ilyen értelmű "szorzását" n -szer ismétljük, felerészben az egyik, felerészben a másik távcsőállásban. Szorzás közben az alhidádét az óramutató járásával egyező értelemben, a limbuszt azzal ellentétesen forgatjuk.

Elvileg csak két leolvasás szükséges. Legyen ℓ_o a bal oldali szögcszár legelső és ℓ_n a jobb oldali szögcszár legutolsó leolvasása. Hogyha szorzás közben k -szor léptük át a limbuszkör nullavonását, akkor a kere-

$$\sigma = \frac{\ell_n - \ell_o + k \cdot 360^\circ}{n}$$

Példa:

$$\ell_o = 0^\circ 01' 12''; \quad \ell_n = 151^\circ 03' 00''; \quad n = 6; \quad k = 2.$$

Az adatokat a képletbe helyettesítve:

$$\sigma = \frac{151^\circ 03' 00'' - 0^\circ 01' 12'' + 720^\circ}{6} = \frac{871^\circ 01' 48''}{6} = 145^\circ 10' 18''.$$

9.13 Az iránymérés

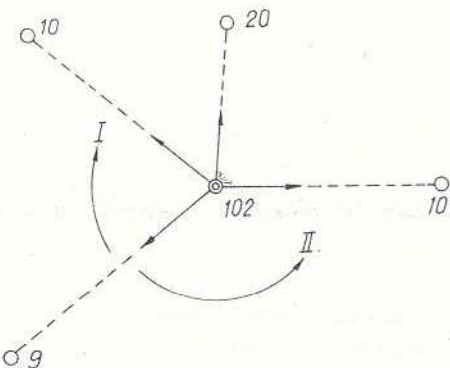
Akkor alkalmazzuk, ha műszerálláspontunkról nemcsak két pontra, hanem tetszőleges számú pontra menő irány, ún. "iránysorozat" viszonylagos helyzetét kell megállapítanunk.

Az első távcsőállásban az óramutató járása szerint, tehát balról jobbra haladva, egymás után valamennyi pontra vonatkozólag elvégezzük a megirányzásokat és a limbuszleolvasásokat. Ezután áthajtjuk a távcsövet és a második távcsőállásban mindezt megismételjük, azonban most az

Íránymérési jegyzőkönyv a 94. ábrához.

Álláspont 102. ké. állás központos a tripód pontjele alatt.
Kelt 1970. április 21. 15^h30-tól 16^h10-ig. Időjárás derült, kisé szel. szel.

Sorozat jelzése	Az irányított pont neve vagy száma	I. távcsatlás			I. közép-érték			II. távcsatlás			II. közép-érték			I. és II. középértéke			Két sorozat középértéke		
		2			3			4			5			6			7		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7
A	9 gula (fekete láda)	55	16	16	18	16	17	235	16	14	16	15	55	16	16	55	16	13	
B		145	27	11	11	27	11	325	27	07	09	08	145	27	10	145	27	10	
A	10 árbo	132	54	35	35	54	35	312	54	34	36	35	132	54	35	132	54	33	
B		223	05	32	32	05	32	43	05	30	31	05	223	05	31	223	05	31	
A	20 árbo	188	10	03	03	10	03	8	09	59	59	09	188	10	01	188	09	59	
B		278	20	58	59	20	58	98	20	55	56	20	278	20	57	278	20	57	
A	101 tripód	273	27	54	55	27	54	93	27	50	51	27	273	27	52	273	27	51	
B		3	38	51	51	38	51	183	38	49	50	38	3	38	50	273	27	51	
A	9 gula (ellenőrző záróirány)	55	16	17	19	16	18	235	16	13	14	16	55	16	16	55	16	14	
B		145	27	12	13	27	12	225	27	09	10	27	145	27	11	145	27	11	



94. ábra

Az iránymérés műveleteinek sorrendje

A 94. ábrabeli példához kapcsolódva a 4. táblázat egy iránymérés adatait tartalmazza. A táblázat A és B-vel jelölt két sorozatban végzett, mindössze 4 irányra kiterjedő iránymérést mutat be. A teodolit leolvasó beállítása: incidencia-mikroszkóp. Minden megírányzás a incidencia kétszeri beállításával rögzíthető. A 9-es számú kezdő irány záró-irányként is szerepel, annak ellenőrzésére, hogy mérés közben nem következett-e be limbusz-elmozdulás. A két sorozatnak 7. oszlopbeli közös középértéke az első A-sorozat fok és elsőperc értékeire van "ráforgatva".

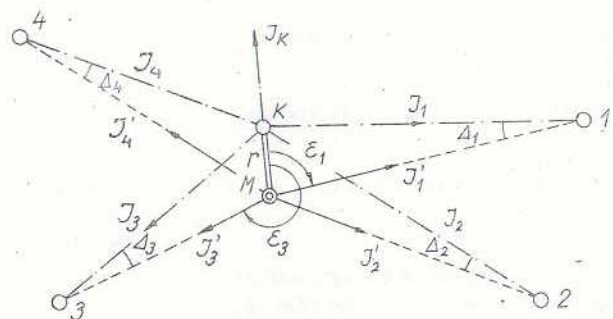
9.14 A külpontosan mért irányértékek központosítása

Gyakran előfordul, hogy a mérendő irányok K központja műszerálláspontul alkalmatlan, hozzáférhetetlen pont, pl. villámhárító, fajel, épületcsucs stb. Ilyenkor külpontos M műszerállásponton vagyunk kénytelenek a teodolittal felállni (95. ábra, lásd köv. old.). Az iránysorozaton kívül ott meg kell mérni a külpontosság r és ε_i elemeit is. A mért I' irányoknak I-re való központosítása számítással történik az 5. táblázatbeli séma szerint.

Jó közelítéssel előzőleg ismerni kell a megírányzott pontoknak K-tól való t_i távolságait. Viszont mm-rendű pontossággal mérendő meg $r = \frac{MK}{t_i}$ vízszintes vetületi hossz.

A Δ külpontossági szögjavítás számításának szabatos képlete a sinus-tétel értelmében:

$$\sin \Delta_i = \frac{r}{t_i} \sin \epsilon_i$$



95. ábra
Külpontos iránymérések és központosításuk

5. táblázat

Külpontosan mért irányértékek	A külpontosság "tájékozási szögei"	Központosítási szögjavítások	Központosított irányok
I'_1	$\varepsilon_1 = I'_1 - I_k$	$\Delta_1 = \frac{r}{t_1} \varphi'' \cdot \sin \varepsilon_1$	$I_1 = I'_1 + \Delta_1$
I'_2	$\varepsilon_2 = I'_2 - I_k$	$\Delta_2 = \frac{r}{t_2} \varphi'' \cdot \sin \varepsilon_2$	$I_2 = I'_2 + \Delta_2$
I'_3	$\varepsilon_3 = I'_3 - I_k$	$\Delta_3 = \frac{r}{t_3} \varphi'' \cdot \sin \varepsilon_3$	$I_3 = I'_3 + \Delta_3$
I'_4	$\varepsilon_4 = I'_4 - I_k$	$\Delta_4 = \frac{r}{t_4} \varphi'' \cdot \sin \varepsilon_4$	$I_4 = I'_4 + \Delta_4$
I_k	\emptyset	\emptyset	I_k

Amíg azonban az r lineáris külpontosságnak t_1 -re merőleges vetülete nem nagyobb $t_1/100$ -nál, addig szabad használni Δ -nak a sémabeli közelítő összefüggését. Δ_i előjele mindig azonos $\sin \varepsilon_i$ előjelével.

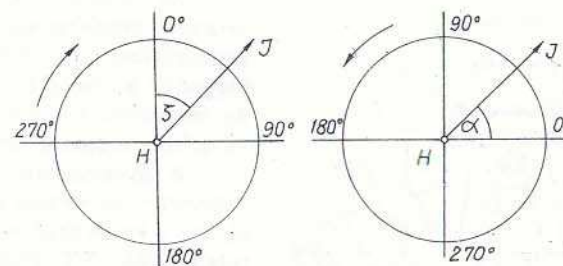
9.2 A függőleges síkbeli szögmérés

9.21 A magassági szögmérés célja és alapfogalmai

Függőleges síkbeli szögeket azért mérünk, hogy a műszerálláspont és a megírányzott pont magasságkülönbségét trigonometriai úton megállapíthassuk.

Valamely földi pont megírányzása után műszertávcsövünk HI irányvonala a 96. ábra szerint a helyi függőlegessel ζ zenitszöget ("zenittávolságot"), míg a helyi vízszintessel α magassági szöget zárja be. Ugyanarra a HI irányra vonatkozólag a ζ és α szögek alapvető fontosságu összefüggése:

$$\zeta + \alpha = \frac{\pi}{2}.$$



96. ábra
Zenitszög ("zenittávolság") és magassági szög

9.22 A teodolit magassági körének szerkezeti elemei

A magassági kör és leolvasó berendezése. A ζ illetve α szög mérése és leolvasása a magassági körön, annak leolvasóberendezésével történik. Függőleges állótengely esetén a magassági kör síkja is függőleges és a körbeosztás központja a H fekvőtengely szimmetriaegyenésébe esik. A magassági kör (M-kör) merev kapcsolatban van a távcsővel, tehát a H fekvőtengellyel együtt forog, míg a leolvasó berendezés mozdulatlanul áll az alhidádé-karon. A később tárgyalandó indexhiba kiküszöbölése végett a leolvasóberendezés egy állítócsavar segítségével kismértékben elforgatható.

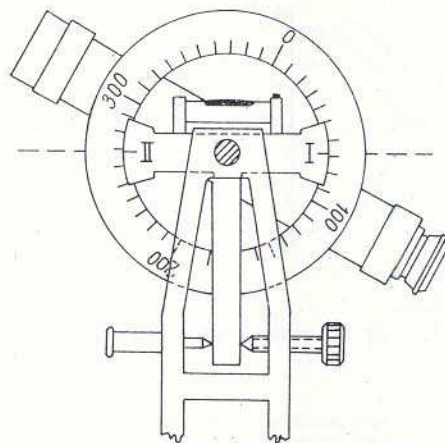
A magassági kör számozása 0° -tól 360° -ig folytonos, többnyire az óramutató járásával megegyező értelemben. A számozás a 98., 99. és 100. ábrák alapján lehet:

- a) zenitszögek szerint,
- b) magassági szögek szerint,
- c) nadirszögek szerint haladó.

Az a) és c) esetben vízszintes irányvonal mellett az első távcsőállásban elvben 90° , a második távcsőállásban pedig 270° -ot olvasunk le. A b) esetben az első távcsőállásban elvben 0° , a második távcsőállásban 180° a leolvasott érték. A zenitszögek értelmében haladó számozás a gyakoribb. A MOM műszerein a 100. ábra szerinti nadirosztás is előfordul, amelynél a kezdő szögszám nem felfelé, hanem lefelé, az un. nadirpont felé mutat.

A magassági kör indexhibája. A legtöbb műszer magassági köre "indexhibával" terhelt, vagyis a vízszintes irányvonalnak megfelelő leolvasás $0-180^\circ$ -tól, illetve $90^\circ-270^\circ$ -tól esetleg több elsőperccel is eltér.

A függőleges síkbeli szögmérés libellái. Az alhidádélibella és a nyereglibella nem biztosítja magasságmérés közben az M-kör változatlan helyzetét. Ezért a magassági szögmérésekhez a teodolitra olyan csőlibellát kell felszerelni, amelynek tengelye párhuzamos az M-kör síkjával. Az ilyen libella ma kétféle elrendezésben használatos.



Az indexlibella, amely a leolvasó berendezéssel van merev kapcsolatban (97. ábra), és így független a távcső mozgásától. Az indexlibella minden korszerű teodoliton megtalálható.

A távcsőlibella, amellyel (többnyire reverziós kivitelben) olykor a korszerű teodolitokon is találkozunk. A kiigazított távcsőlibellával az irányvonal pontosan vízszintesre állítható.

97. ábra

Magassági kör, leolvasó index és indexlibella

9.23 A magassági szögmérés végrehajtása

Ezt a vízszintes síkbeli szögméréstől általában elkülönítve - előtte, vagy inkább utána - hajtjuk végre. Az állótengelyt előzőleg újra függőlegessítjük. Az indexhiba kiküszöbölése céljából szintén két távcsőállásban, a következő sorrendben mérünk.

Első távcsőállásban:

- a) a célpontot a szálkereszt vízszintes szálával szabatosan megírányozzuk,
- b) az indexlibella buborékját az állítócsavarral gondosan középre hozzuk,
- c) a magassági körön elvégezzük és a jegyzőkönyvben feljegyezzük az ℓ_1 leolvasást.

A második távcsőállásban is elvégezzük az előbbi sorrendben ugyanazokat a műveleteket. A kapott körleolvasás: ℓ_2 .

9.24 A magassági körleolvasások kiértékelése

Zenitszögek értelmében számozott, i -indexhibával terhelt magassági kör esetében (98. ábra) a távcső áthajtása és a limbusz kör 180° -os elforgatása után az ábra szerinti szimmetrikus helyzetben lesz a körhöz képest az azonos P földi pontra beállított I illetve II távcsőirányvonal. Az ábrából leolvasható, hogy

$$\ell_1 = \zeta + i \text{ és } \ell_2 = 360^\circ - \zeta + i.$$

A két egyenletből az indexhibától mentes zenittávolság:

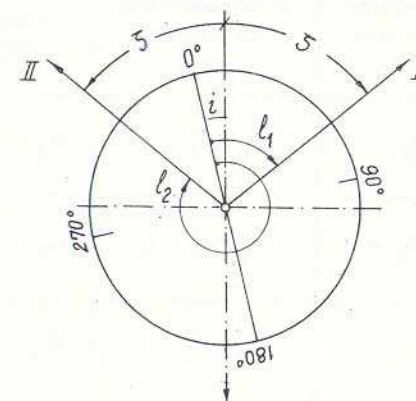
$$\zeta = \frac{\ell_1 - \ell_2}{2}.$$

Az indexhiba pedig:

$$i = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2} - 180^\circ.$$

Magassági szögek értelmében számozott, i -indexhibával terhelt kör esetében a 99. ábrából közvetlenül következik, hogy

$$\ell_2 - \ell_1 = 2 \zeta.$$



98. ábra

Zenitszögek szerint beosztott magassági kör

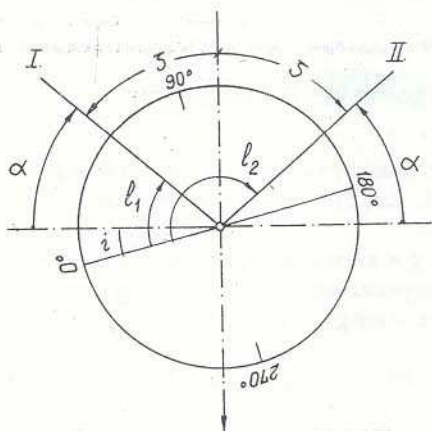
Továbbá $\ell_1 - i = \alpha$ és $\ell_2 - i + \alpha = 180^\circ$.

Tehát

$$i = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2} - 90^\circ.$$

Nadirszögek szerint számozott magassági kör esetében a 100. ábrából közvetlenül adódik

$$\ell_2 - \ell_1 = 2\zeta.$$



99. ábra

Magassági szögek szerint beosztott magassági kör

Az indexhiba az

$$\ell_1 - i + \zeta = 180^\circ = \ell_2 - i - \zeta$$

összefüggés alapján ugyanaz, mint a zenitszögek szerinti körszámozás esetében:

$$i = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2} - 180^\circ.$$

Az indexhibamentes magassági szög ezután már mindhárom esetben $\alpha + \zeta = 90^\circ$ alapösszefüggés értelmében adódik. Mindhárom változat feltevézi azonban az indexlibellának mindkét távcsofékvésben a leolvasások előtti gondos bejátsztatását, vagyis i azonos értelmét és nagyságát mind az első, mind a második távcsoállásban.

10. OPTIKAI TÁVMÉRÉS

10.1 A teodolit mint optikai távmérő.

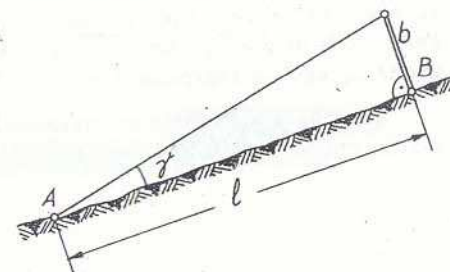
Az optikai távmérés alapelve

A távolságot az ún. távmérő- vagy parallaktikus háromszög elve értelmében optikai úton mérjük meg. A parallaktikus háromszög alakja és térbeli fekvése többféle lehet. Példaképpen induljunk ki ennek a függőleges síkban fekvő 101. ábrabeli elvi alakjából.

Meghatározandó az A és B tereppontok egymástól való, lejtő mentén értelmezett $\ell = AB$ távolsága. Az ℓ irányára merőleges b bázishossz és γ ún. parallaktikus szög ismeretében:

$$\ell = b \cdot \operatorname{ctg} \gamma.$$

Az ily módon nyert távolság pontossága b és γ elemek nagyságától és azok mérésének megbízhatóságától függ. A tul hegyes parallaktikus háromszög hátrányos.



101. ábra

Az optikai távmérés elve

Az optikai távmérés nagy gyakorlati fontossága és a megoldási lehetőségek változatossága okozta, hogy a legutóbbi másfél évszázadban az idevágó műszereknek több mint 100 szerkezeti típusa jelent meg. E helyen csak a hazánkban is elterjedt néhány korszerű típust ismertetjük. Az optikai távmérésre is alkalmas teodolit neve: tahiméter-teodolit, vagy röviden csak tahiméter.

10.11 A szálás (Reichenbach-féle) távmérő teodolit

A műszer szükséges tartozéka legalább egy, de inkább két szintező léc, cm-beosztással, rendszerint 4 méter hosszban.

A távcso szállemeze a szálkereszten kívül még két rövidebb, szimmetrikusan elhelyezett vízszintes távmérő szál is tartalmaz (102. ábra, lásd köv. old.). A két távmérő szál konstans nagyságú parallaktikus szöget eredményez. A távcso szállemezén esetleg még két függőleges távmérő szál is találunk. Ebben az esetben a műszer vízszintes bázissal (léccel)