

FOTOGRAMMETRIKUS MÓDSZER A BARLANGOK KERESZTSZELVÉNYEZÉSÉRE

MAUCHA LÁSZLÓ és TÓTH JÓZSEF

Készült az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének
Jósvafői Kutatóállomásán

I. A PROBLÉMA FELVETÉSE

Régi probléma megoldására vállalkoztunk e módszer kidolgozásakor. Napjainkig a szpeleometria (barlangméréstan) nem ismert egzakt és viszonylag gyors eljárást a barlangok kereszt-szelvényezésére. Pedig alapvetően fontos feladat ez nemcsak szpeleometriai, hanem általában szpeleológiai (barlangtani) szempontból is. A barlangüregek térbeli kiterjedésének pontos ábrázolása ugyanis nem végezhető el részletes kereszt-szelvényezés nélkül. Valóságos és valóban térbeli viszonyokat feltüntető barlangtérkép birtokában viszont nemcsak számszerű morfogenetikai vizsgálatokra nyílik lehetőség, hanem mindennemű térbeli megismerésen alapuló genetikai kutatásra is.

A múltban minden igényesebb barlangmérés során többek között felmerült az a kérdés, hogy milyen módon lehetne pontosan és gyorsan meghatározni a barlangi kereszt-szelvények kontúrpontjainak egymás közötti távolságát? E kérdés különösen a nagyobb függőleges kiterjedésű barlangüregek magasságának meghatározása terén látszott nehezen megoldhatónak.

A nagyobb függőleges kiterjedésű barlangi szelvények magasságát kezdetben csak léggömbök segítségével tudták pontosan meghatározni (1). Ez a módszer azonban elég nehézkesnek bizonyult és csak kedvező mérési körülmények között volt gazdaságos.

Hazánkban a harmincas években KESSLER H. a Baradla felmérése során már trigonometrikus elv alapján működő saját készítésű optikai berendezéssel oldja meg ugyanezt a feladatot. Eszköze lényegében meghatározott hosszúságú bázisléc volt, amelynek egyik végére merőlegesen rögzített, másik végére pedig szögmérő mentén elforgatható kollimátor (közel párhuzamos sugárnyaláb létrehozására alkalmas fényvetítő) volt szerelve. E berendezéssel az alábbi módon lehetett meghatározni az egyébként hozzáférhetetlen mennyezeti pontok műszer feletti magasságát: A bázisléccel úgy kellett felállni, hogy vízszintezése után a rögzített kollimátor függőleges sugárnyalábja a mérendő mennyezeti pontra irányuljon. Ezt követően a forgatható kollimátor fénypontját egyeztetni kellett a merőleges vetítő által a mennyezeten létrehozott fénypont-

tal (koincidencia). Ezután a leolvasott szög függvényében az így előállított derékszögű háromszög ismert adataiból lehetett kiszámítani a függőleges befogó hosszát, vagyis a keresett magasság értékét.

A múltban – mint ismeretes – gyakran mértek fel keresztiszelvényeket is barlangmérések során. Ezt a műveletet általában úgy végezték, hogy megmérték a felvett szelvények kontúrvonalában néhány jellegzetes és hozzáférhető pontnak egymásközötti távolságát, majd interpolálás segítségével és helyszíni szemle alapján megrajzolták a szelvény alakját. A fenti módon azonban csak nagyjából lehetett alak- és mérethelyes szelvényrajzokat készíteni. KESSLER H. (5) a Baradlában morfogenetikai vizsgálataihoz olyan szelvénymérésre alkalmas mérőállványt is szerkesztett, amelyen tologatható és rögzíthető mérőlécek segítségével határozta meg az egyes szelvénykontúrponatok közötti távolságot. Hazánkban ő volt az első, aki ilyen módon megbízhatóan pontos, alak- és mérethű keresztiszelvény-rajzokat készített. Mindez azonban nagyon hosszantartó és körülményes munkába került.

A második világháború után a magyar barlangkutatás nagymérvű fejlődése következtében több új barlangrendszer feltárására került sor. Az újonnan megismert barlangrendszerek felmérése során érthető módon egyre több új elvi és gyakorlati szpeleometriai kérdés került előtérbe. Így pl. az elmúlt években felmerült az a probléma, hogyan lehetne elkészíteni a barlangüregeknek – az alaprajzi kiterjedést egyedül a valóságnak megfelelően tükröző – vetületi alaprajzát, vagyis vízszintes síkra vonatkozó ortogonális vetületét? Újból felvetődött ezenkívül az a régi probléma, hogy milyen módon lehetne gyors módszerrel nagyobb kiterjedésű szelvények magasságát megmérni, és e mérések alapján függőleges síkra vetített pontos hosszvetületeket szerkeszteni? Felmerült az igénye annak is, hogy szintvonalas térképet készíthessünk barlangjaink talajának domborzatáról. Végül – nem utolsósorban morfogenetikai problémák megoldása miatt is – igen nagy hiányát éreztük olyan viszonylag gyors módszernek, amelynek segítségével folytonos vonalú, részleteiben is megbízhatóan pontos, méret- és alakhű keresztiszelvényeket lehetne felvenni barlangjainkban.

Ez a legutóbb említett igény a többi között a leglényegesebbnek mutatkozott. Bebizonyosodott ugyanis, hogy amennyiben találunk alkalmas, a fenti igényeket kielégítő módszert a barlangok keresztiszelvényezésére, akkor nemcsak a keresztiszelvényezés, hanem egyszersmind az összes többi felmerült kérdés is megoldást nyerne. Mindez könnyen belátható, hiszen elvileg bármilyen tekervényes, illetve bármilyen bonyolult határfelületű barlangüreg, ill. üregrendszer kiterjedésének minden geometriai adata tetszőleges pontossággal meghatározható csupán az egymáshoz kapcsolt hossz mérés és keresztiszelvényezés adataiból is, amennyiben a fenti két mérési művelet elvégzésekor csak megfelelően csekély hibát követünk el, és ha a felvett keresztiszelvények számát – egyenletes hosszmeneti eloszlásban – egy bizonyos határértékig növeljük.

II. A PROBLÉMA ELVI MEGOLDÁSA

Hasonló jellegű kérdések külföldön már 1913 óta felmerültek, de túlnyomórészt nem barlang-, hanem bányamérés terén. A legutóbbi tíz évben pedig különösen bányatárók és alagutak építési hibáinak kimutatására, valamint e létesítmények falburkolatában jelentkező utólagos elmozdulások meghatározására több különböző keresztiszelvényező eljárás kidolgozására is sor került a világ több pontján.

Az osztrák F. KOPPENWALLNER szerint (7) ZAAR volt e problémakör megoldásának első úttörője, aki 1913-ban fotogrammetrikus testmérés lehetőségeire hívja fel a figyelmet (16). KARL KILLIAN mérnök Ausztriában az „Obstanser Eishöhle“-ben már 1934-ben sztereofotogrammetrikus keresztiszelvény felvételeket készít, horgászbot végére erősített fényfónt segítségével (6, 13). Később a bányatárók szelvényezésére egyes szerzők több különböző mechanikus módszert is javasoltak (pl. pantográf alkalmazása stb.). Fejlettebb módszert ajánl 1951-ben NOTTARP (11), aki a mechanikus kitapintás helyett ultrahangot alkalmaz e célra. Optikai, de nem fotogrammetrikus eljárást vezet be RINNER, aki csakúgy, mint nálunk KESSLER H., a felvenni kívánt kontúrvonalat két fényfónt egyeztetése alapján tapintja ki. Ő azonban már korszerűbb módszerrel dolgozott, mert az irányító mozgásokat rajzoló műszerre vitte át.

A legutóbbi időben (1954) ZANOSKAR és CZUBER (17) vetik fel ismét a fotogrammetrikus szelvényezés lehetőségét, és K. KILLIAN-hoz hasonlóan ők is a sztereoszkopikus eljárást találták alkalmasnak e célra. F. KOPPENWALLNER szerint azonban ez a megoldás nem tökéletes, mert így az egy szelvényről nyert két kép pontossága nem megegyező, ugyanekkor e módszerrel különösen hátrányos a kiugró falrészek okozta takarás. Ezért az elsőnek ZAAR, majd LACHMANN (8) által felvetett ún. „fénymetszet” eljárás került a megoldás-keresés homlokterébe.

1954-ben HUBENY (3,4) épít először olyan műszert, amelynek segítségével lehetővé válik a tároszelvények fotogrammetrikus felvétele. Az általa alkalmazott fénymetszet-eljárás lényege a következő: Alkalmas vetítővel (projektor) 1–2 cm vastag sávban a kívánt függőleges sík mentén körkörösén és azonos pillanatban megvilágítjuk a táró falát. Az így nyert kontúrvonalat a szelvény síkkal párhuzamos lemezállás mellett lefényképezzük. A kép javítása és megadott méretre hozása után megadja a felvenni kívánt szelvény rajzát.

Ugyancsak 1954-ben STRASSER (12) számol be egy ausztráliai műszerről, majd 1958-ban a francia GILBERT (2) közöl adatokat egy „fotoprofil” nevű műszerről.

F. KOPPENWALLNER 1959-ben részletesen ismerteti az ugyancsak fénymetszet-eljáráson alapuló módszerét, ill. műszerét. Az általa tervezett berendezés lényege a következő: A kamara és vetítő mereven egymáshoz vannak kapcsolva. A vetítő karikagyűrűhöz hasonló ún. „torikus körlencse” segítségével világítja meg a szelvény kontúrvonalát. A kamara kisméretű, Zeiss Contax gyártmányú, amely Zeiss-Biogon nagylátószögű objektívvel van felszerelve. Az objektív gyújtótávolsága a szerző szerint $f = 21$ mm (?). A használt film nagy érzékenységgű (Ilford HP 3). A megvilágítási idő átlag 1–2 másodperc. Az üzemkész műszer összsúlya 130 kg, átlagosnál nagyobb szelvények felvételéhez szükséges teljes kiépítés után 170 kg. A berendezést ún. platókocsival vágányon szállítják. Óránként 36–40 felvételt tudnak készíteni átlagosan. A képszög 50 %-os kihasználása mellett a szelvényterjedelem 90–95 %-ban rögzíthető. 3⁰/₀₀-es pontosságot értek el a kontúrponatok közötti távolságok meghatározásánál. Az eljárás nehézsége a felvételek kiértékelésében rejlik, mivel sok ellenőrző mérést kell végezni és utólagos javítást is kell alkalmazni. A módszer nagyrészt még kísérleti állapotban van. Többek között nem találtak még kielégítő megoldást a felvételek számozására.

Az ötlet részünkről 1957-ben a mellékelt fénykép nyomán merült fel (1. ábra), amely 1955-ben a jósvalfői Vass Imre-barlangban készült. A képen ugyanis a csak háttérből való megvilágítás okozta kontraszthatás miatt – mint látható – szépen kirajzolódik a barlangfolyosó előtérben lévő szelvénye.

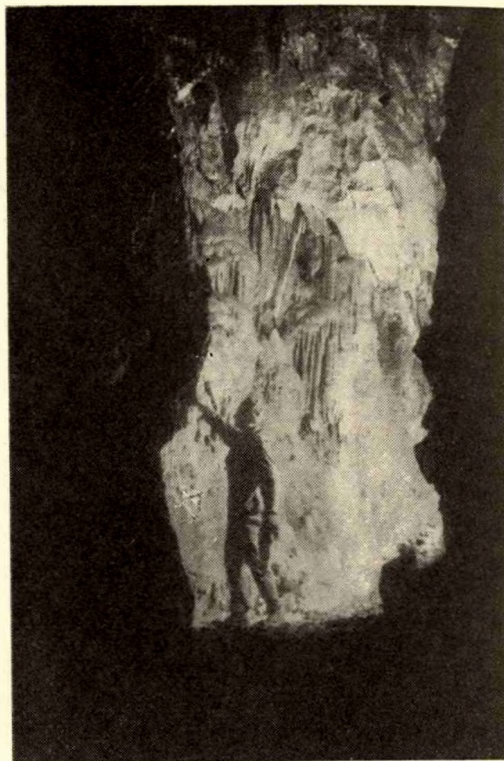
1957-ben a bevezetőben tárgyalt célok elérésének érdekében az alábbiakban határoztuk meg a barlangi fotogrammetrikus kereszt-szelvényezés alapelvét:

A felvenni kívánt kereszt-szelvény síkjában valamilyen alkalmas módon megvilágítjuk e síknak és a barlangüreg torz határfelületének metszsvonalát, vagyis a szelvény kontúrvonalát. A szelvénykép méretjelzése és vízszintes, ill. függőleges irányhoz való tájolása (orientáció) céljából a fenti irányok egyikével párhuzamosan két fénypontot (mérési alappontokat) helyezünk el a szelvény síkjában. Ugyanakkor a hossz-méréshez kapcsolható céljából még egy fényponttal megvilágítjuk a hossz-mérési poligon (szög-vonal), és a szelvénytípus által alkotott dőléspontot is. Az ilyen módon nyert folytonos és önmagába visszatérő kontúrvonalat, alappontokat és dőléspontot a szelvénytípusal párhuzamos síkban álló fényérzékeny lemezre lefényképezve, méreteiben ismert, tájolható és hossz-méréshez kapcsolható képét nyerjük a kereszt-szelvénynek. Láthatjuk tehát, hogy eredeti elgondolásunk elve lényegében megegyezik a külföldön fény-metszet-eljárásnak nevezett módszer elvével.

Módszerünk egyes részleteiben azonban nemcsak kezdetben tért el a külföldön kidolgozott hasonló eljárásoktól, hanem az irodalom felhasználása után is maradtak bizonyos alapvető eltérések. Ennek oka természetesen abban rejlik, hogy olyan módszert igyekeztünk kialakítani, amely lehetőleg minden tekintetben figyelembe veszi a speciális barlangi körülményeket.

Módszerünk a F. KOPPENWALLNER-féle legfejlettebb külföldi hasonló bányászati módszertől alapvetően az alábbi 6 szempontból tér el, illetve nyújt újat:

1. a megvilágítás kivitelezésében,
2. a megvilágító egység és a kamara kapcsolatában,
3. a szelvénytípus és a fényérzékeny lemez párhuzamosításának módjában,
4. a felvételi műszerek súlyát tekintve,
5. a felvételek számozásának kérdésében,
6. a felvételek kidolgozásának módszerében.



1. ábra. Részlet a jószafoi Vass Imre-barlang főágából (HOLLY SÁNDOR felv.). Ennek a fényképnek alapján merült fel a fotogrammetrikus kereszt-szelvényezés gondolata.

Fig. 1. A section of the major branch of the Vass Imre Cave in Jószafo (Photo by SÁNDOR HOLLY). On the basis of this photograph the suggestion of a photogrammetric method of surveying cross sections has occurred.

III. A MÓDSZER KIALAKULÁSA

1957-ben a következőkben határoztuk meg a már ismertetett elv alapján álló barlangi kereszt-szelvényező módszer kialakításának irányelveit:

A) A módszer pontossága legalább olyan legyen, hogy a szelvény kontúr-pontjai közötti távolság meghatározásakor az elkövetett hiba lehetőleg ne legyen nagyobb, mint a meghatározni kívánt érték 1 %-a.

Véleményünk szerint ugyanis barlanggenetikai vizsgálatok céljaira ez a pontosság bőven elegendő, mert a szelvények alakját, ill. méretét meghatározó földtani adottságokat (pl. a kőzetjellemzők együttes megváltozását a hely függvényében) nem lehet olyan érzékeny módon számbavenni, hogy nagyobb pontosságú szelvényt mérésre kelljen igényt tartani.

Szpeleometriai szempontból pedig – mint később látni fogjuk (VI. fejezet) – ez a pontosság gyakorlatilag szintén elegendőnek mutatkozott.

B) A kereszt-szelvények felvétele a lehető leggyorsabban történjék még akkor is, ha ez a kidolgozási idő rovására megy.

Mint ismeretes, a barlangüregek kiterjedése rendkívül változatos, ezért 100 %-os felvételek készítése (amelyen a szelvény kontúrvonalának minden egyes pontja látható) általában több időbe telik, mint a többé-kevésbé szabályos alakú bányatárókban. A bányászatban külföldön alkalmazott módszerekhez hasonló abszolút felvételi gyorsaságról tehát itt szó sem lehet, csak viszonylagos gyorsaságra törekedhetünk. Ezért a módszer kialakításánál különös figyelmet fordítottunk arra, hogy a barlangi kereszt-szelvények felvételénél a helyszínen csak a feltétlenül szükséges műveleteket kelljen elvégezni. Mindez szükségesnek mutatkozott azért is, mert – mint ismeretes – föld alatti munkáknál a kedvezőtlen körülmények miatt jóval kisebb a fizikai és a szellemi teljesítőképesség, mint a felszínen.

C) A módszerhez szükséges műszerek a lehető legegyszerűbbek, tehát viszonylag könnyen beszerezhetőek legyenek. Fontosnak látszott, hogy ilyen gazdaságossági szempontokat is figyelembe vegyünk a módszer kialakításánál, hiszen csak így biztosítható az eljárás általános használhatósága.

1. A szelvénykontúr megvilágítása

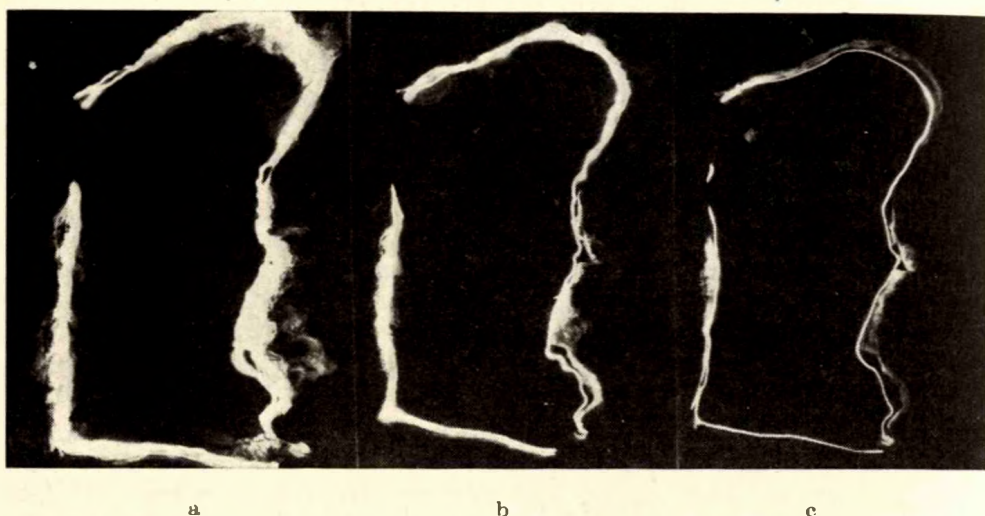
1957 őszén a barlangi kereszt-szelvények kontúrvonalának megvilágítására több ötlet is merült fel.

A) Félter-megvilágítás a módszer kialakulásához ötletet adó fényképen látható megvilágításhoz hasonlóan (1. ábra).

B) A szelvény kontúrvonalának megvilágítása vetített fénycsík létrehozásával. (Fénymetszet készítése.)

C) A szelvénykontúr megrajzolása a valódi kontúrvonal letapogatásával, mozgatható fénypont segítségével.

Kezdetben a harmadik megoldás mutatkozott a legkönnyebben kivitelezhetőnek. Az első ilyen irányú kísérleteket 1958 márciusában a budapesti Mátyáshegyi-barlangban végeztük. A megvilágításhoz használt eszköz a következő alkatrészekből állt: szét-szedhető 6 m összhosszúságú bambuszrúd, csúcán drótkosárral védett 4,5 voltos zseblámpaizzó (megvilágító rúd). Az izzóval a megvilágítás e rúd szabadkézzel való mozgásával történt, szemmérték szerint közel a felvenni kívánt szelvény kontúrvonalára



2. ábra. Megvilágító rúddal készített kísérleti szelvényképek a budapesti Mátyáshegyi-barlangból. („Vadvizek útja” SZÁYER KORNÉL felv.) A lénypont mozgatási sebessége: $a \approx 25$ cm/sec, $b \approx 50$ cm/sec, $c \approx 100$ cm/sec.

Fig. 2. Experimental pictures of cross sections from the Mátyáshegyi Cave in Budapest, made by means of an exposing bar. („Vadvizek-útja”. Photo by KORNÉL SZÁYER). Velocity of motion of the luminous print: $a \approx 25$ cm/sec, $b \approx 50$ cm/sec, $c \approx 100$ cm/sec.

mentén függőleges síkban haladva. A felvételeket szovjet gyártmányú „Zenit” kisfilmes fényképezőgéppel készítettük. Az objektív adatai: fényerősség = 1:3,5, gyújtótávolság = 50 mm, alkalmazott fényrekesz = 4,5 volt. A felvételeket 19/10 DIN-es magyar gyártmányú Forte filmre vettük fel. A fényképezőgépet a szelvény síkjától 6 m távolságban állványra rögzítve helyeztük el oly módon, hogy a fényérzékeny lemez síkja közel párhuzamos volt a felvenni kívánt szelvény síkjával. (1934-ben lényegében ugyanezt a megoldást alkalmazta K. KILLIAN is (6, 13). Erről azonban 1958-ban még nem volt tudomásunk.)

Az első felvételek közül bemutatunk három olyan szelvényképet (2a, b, c ábra), amelyek a módszer fejlődése szempontjából a legtanulságosabbnak mutatkoztak. E felvételeken – amelyek azonos helyen készültek – látható, hogy a fenti módon vázlatos barlangmérés céljaira kielégítő pontosságú szelvényrajz készíthető, ha a megvilágító rúddal elérhető a kontúr minden pontja, és ha az izzót kedvező és lehetőleg egyenletes sebességgel mozgatjuk.

A mellékelt felvételeknél a fénypont mozgatási sebessége a következő volt:

$$\begin{aligned} a &\approx 25 \text{ cm/sec} \\ b &\approx 50 \text{ cm/sec} \\ c &\approx 100 \text{ cm/sec} \end{aligned}$$

Adott esetben tehát a c felvételnél alkalmazott közel 100 cm/sec-os mozgatási sebesség bizonyult megfelelőnek.

Érdekes megfigyelni még az alábbiakat: a 2c felvételen jól látható a rajzolt kontúrvonal mellett az izzó által megvilágított sávban a szelvény valódi kontúrvonalja is. E

megvilágítási mód tehát elvileg alkalmas lenne a szelvény szabatos megvilágítására, ha biztosítani lehetne a fénypont függőleges síkban való mozgását.

Egyébként már akkor kiütközött a módszer egyik – különösen barlangban jelentkező – fő hibaforrása, nevezetesen az, hogy a szelvények síkja és az objektív között belógó falrészek kimaradásokat okozhatnak a kontúrvonalban. A 2c felvétel esetében pl. a kontúrvonalnak 1,14 %-át takarta el a belógó szikla. E felvételnél tehát 98,86 %-os a rögzített szelvényterjedelem.

A továbbiakban kísérleteket végeztünk az első elképzelés szerinti féltér megvilágítás vizsgálatára is (3. ábra). A megvilágításhoz ebben az esetben magnéziumkeveréket alkalmaztunk. A villanókeveréket az oldalfalakra függesztett sík fémlap (bázislap) központjában a fényképezőgéppel ellentétes oldalon helyeztük el, és megközelítően a lap síkjában gyújtottuk meg. Látjuk azonban, hogy ez a megoldás – bár elvileg tökéletesíthető volna – csak részben ad éles kontúrokat, mert a szelvény alakja egyirányban erősen megnyúlt. Ilyen megvilágítási mód tehát csak közel körkeresztmetszű járatokban lenne használható, központban elhelyezett fényforrással.

Szelvény megvilágítás terén tehát az első kísérletek alapján az alábbiakat lehetett megállapítani: Egzakt szelvényfelvétel barlangban legcélszerűbben úgy készíthető, ha valamilyen alkalmas vetítőműszerrel megbízhatóan függőleges sík mentén a szükséges vastagságban megvilágítjuk a kontúrvonalat. Kitűnt ugyanis, hogy a megvilágító-rúddal nem érhető el, féltér-megvilágítással pedig nem világítható meg minden esetben kielégítő módon az egyirányban megnyúlt magasabb szelvények felső része.

Az időközben megkapott külföldi irodalom tanulmányozása során is meggyőződhattünk arról, hogy az utóbbi megoldás a legcélravezetőbb. Barlangi vonatkozásban azonban el kellett vetnünk F. KOPPENWALLNER által a bányatárók szelvényezésére alkalmazott és torikus körlencsével ellátott vetítő használatát annak ellenére, hogy az abszolút gyors megvilágítást tesz lehetővé. Ilyen vetítő ugyanis az alábbiak miatt nem alkalmas, illetve nem feltétlenül szükséges barlangi célokra:

A) A szóban forgó világító berendezés által vetített sáv élessége, fényerőssége és szélessége szabálytalan alakú szelvényben zavaróan változik. E berendezésen ugyanis az élesség, a fényerősség és a kontúrsáv szélessége nem változtatható (4. ábra).

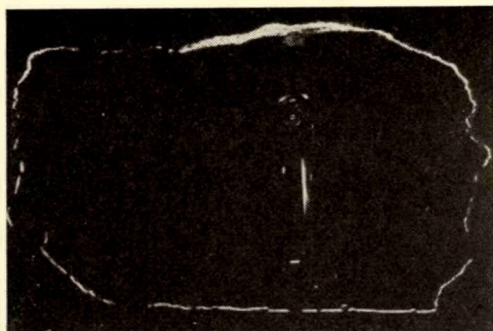
B) Torikus körlencse készítése költséges, tehát nehezen beszerezhető.

C) Torikus körlencsével történő 1–2 másodperces megvilágítás barlangi viszonylatban nem használható ki, tehát használata a barlangi szelvények felvételénél nem



3. ábra. Féltér-megvilágítással készített kísérleti szelvénykép a jósvafői Vass Imre-barlangból. (SZÁYER KORNÉL felv.)

Fig. 3. Experimental cross section picture made by half space exposing, Vass Imre Cave, Jósvafő (Photo by KORNÉL SZÁYER).



4. ábra. Körlencsés vetítővel készített kereszt-szelvénykép egyirányban megnyúlt lapos járatban. (F. KOPPENWALLNER felv.)

Fig. 4. Cross section picture made by means of a projector with circular lens in a flat gallery prolonged in one direction (Photo by F. KOPPENWALLNER).

feltétlenül szükséges. Barlangban ugyanis a felvételi műszerek beállítása általában hosszabb időt vesz igénybe, mint bányatárókban, ezért ilyen különleges optika használata is csak elhanyagolható mértékben növelné meg a felvételi műveletek sebességét.

A fentiek miatt felmerült tehát olyan egyszerű kontúrmegvilágító műszer készítésének gondolata, amely lényegében nem más, mint vízszintes tengely mentén, vagyis függőleges síkban elforgatható kollimátor. A kísérleti tapasztalatok szerint ilyen berendezés alkalmas a barlangi kereszt-szelvények kontúrvonalának szabatos megvilágítására, ha kielégíti az alábbi követelményeket:

A) A megvilágító berendezés állványra szerelhető legyen.

B) a) A kollimátor fekvő, illetve forgatási tengelyét kellő pontossággal lehessen vízszintesre állítani.

b) A fekvőtengely mentén a kollimátor legalább 360°-os terjedelemben elforgatható legyen.

C) a) A kollimátorral közel párhuzamos sugárnyalábot lehessen kivetíteni (minimális fényvesztésig).

b) A kollimátor fényforrását közönséges zseblámpaelemmel lehessen üzemeltetni, ugyanakkor a berendezés legalább 20 m távolságban levő kontúrponthoz megvilágítására is alkalmas legyen.

c) A kollimátorral vetített fénysáv szélessége – adott közel párhuzamos sugárnyaláb mellett – közepes kontúrponthoz (10 m) kb. 1 cm-től 10 cm-ig változtatható legyen.

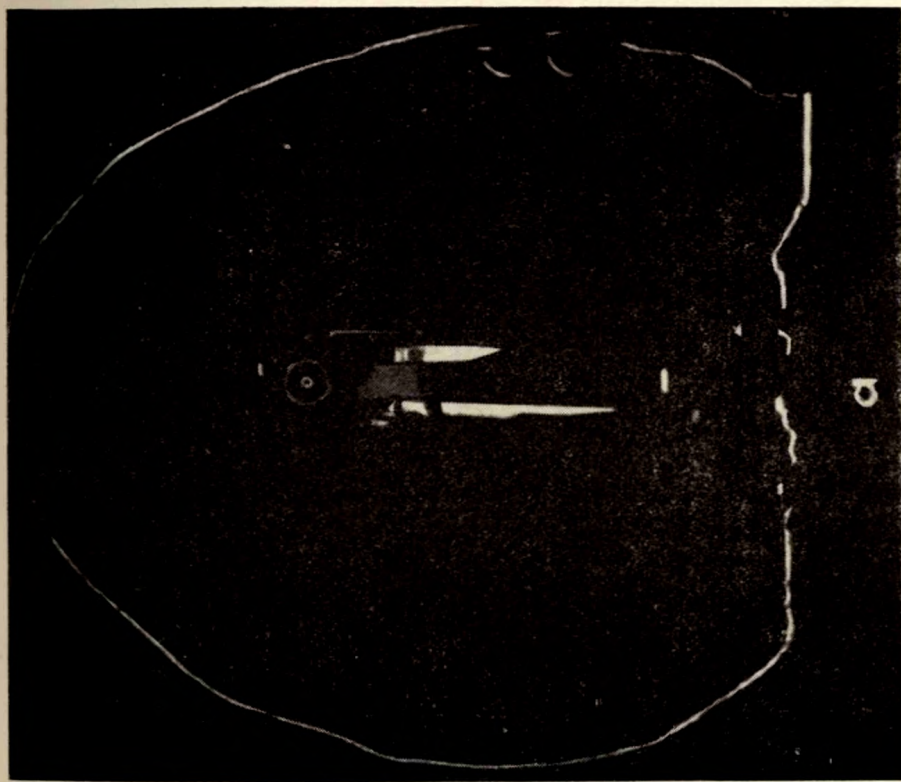
d) A kollimátorral létrehozott fénysáv élessége 1–20 m-ig állítható legyen.

A fenti követelményeket kielégítő műszer szerkesztése nyomán bebizonyosodott, hogy e berendezés előnye barlangi viszonylatban a F. KOPPENWALLNER-féle fényvetítő berendezéssel szemben a következő:

A) Ha forgatható kollimátorral világítjuk meg a szelvényt, akkor egyrészt a megvilágított pontok távolságának arányában a sáv fényességétől, másrészt a fal színétől és felületének érdességétől függő kontúrvonalmenti fényvisszaverődés-ingadozás pontról-pontra kompenzálható a forgatás sebességének megváltoztatásával.

B) Ha forgatható kollimátorral világítjuk meg a szelvényt, akkor a vetített fénysáv élessége a kontúrvonal teljes hosszában biztosítható a kondenzor-lencse állításával.

C) Ha forgatható kollimátorral világítjuk meg a szelvényt, akkor a fentiekén kívül a fénysáv szélessége is pontról-pontra változtatható. Erre elsősorban azért van szükség, hogy a kontúrvonal mentén a fénysávra való rálátás megfelelő szélességben minden szakaszon biztosítható legyen, még ott is, ahol egyébként az túlságosan ferde szögben, tehát csak igen kis szélességben látszik.



5. *abra.* Összehasonlítás körlelencsés vetítővel (*a*) és fotoprofilográfia (*b*) készített szelvénykép között. *a.* F. KOPPENWALLNER felv., *b.* a budapesti Mátyáshegyi-barlang betonburkolatú bejárati tárójának szelvénye. A pontmérőszög oldalhossza 500 mm. A szelvénykép hibaszámítás céljából készült. A kontúrvonalon látható fénypontok az egymáshoz képest bemért pontok helyét jelölik. (CSICSELY ANDRÁS felv.)

Fig. 5. Comparison between a cross section picture (*a*) made through the means of a projector with circular lens and that (*b*) produced by means of photoprofilograph. *a.* Photo by F. KOPPENWALLNER, *b.* cross section of the pit portal cased in concrete, of the Mátyáshegyi Cave in Budapest. The length of side of the point quadratic is 500 mm. The cross section picture has been made for the purpose of error calculation. The luminous points visible on the object-line indicate the sites of points located by measuring in relation to each other. (Photo by ANDRÁS CSICSELY).

E megvilágító berendezéssel készített felvétel és F. KOPPENWALLNER egyik tárószelvény felvételének összehasonlításából látható (5. a, b ábra), hogy a profilkontúr pontról-pontra való megvilágítása, azaz vetített fényponttal való körülrajzolása esetén is végeredményben éppen olyan szelvényrajz állítható elő a fényérzékeny lemezen, mint a minden pontot egy időpillanatban megvilágító torikus körlelencsével vetítő berendezéssel. Mivel berendezésünkkel a fényérzékeny lemezen a szelvény alakját pontról-pontra rajzoljuk meg, ezért műszerünk a „fotoprofilográf” elnevezést nyerte. Berendezésünkkel valamely közepes méretű barlangi keresztzelvény kontúrvonalának megvilágítása gyakorlott kezelő által 1–2 perc alatt végezhető el. Ezzel a műszerrel, mint látjuk, bizonyos fokig finomabb vonalú felvételek készíthetők, mint KOPPENWALLNER műszerével, éppen azért, mert többek között a megvilágítás erőssége és a fénycsík vastagsága is szabályozható a felvenni kívánt szelvény méreteinek és alakjának figyelembevételével, a megvilágítás előtt, sőt alatt is.

A továbbiakban látni fogjuk, hogy a fotoprofilográf kisebb kiegészítésekkel egyéb szükséges felvételi funkciók elvégzésére is alkalmasnak bizonyult. A műszer részletes leírását a IV. fejezetben tárgyaljuk.

2. A szelvény méreteinek jelölése

A keresztzelvény kontúrvonalának megvilágítása önmagában természetesen még nem elegendő ahhoz, hogy a fényképezés során nyert szelvényképen mérni is tudjunk. A felvételnél tehát gondoskodni kell a pontossági igényeknek megfelelően a méretek jelöléséről is.

Ismeretes, hogy a fénykép a lefényképezett tárgy centrális vetülete. A vetítés középpontja egybeesik az objektív optikai középpontjával, a vetítés képsíkja pedig maga a fényérzékeny lemez síkja. A fotoprofilográf kollimátora által a barlangüreg határfelületére vetített fénycsík középvonalába eső pontok a módszertől megkívánt pontosság határán belül egy síkban levőknek tekinthetők. A fentiekből következik, hogy e pontok összessége, azaz a tulajdonképpeni kontúrgörbe által meghatározott függőleges keresztzelvény síkban lévő bármely két-két pont közötti távolság hányadosának értéke elvileg tökéletesen azonosnak tekinthető azzal a számmal, amely a szelvényről készített fényképen e pontok megfelelői között lemérhető távolságok viszonyításából adódik, amennyiben a fényérzékeny lemez síkja tökéletesen párhuzamos a felvenni kívánt szelvény síkjával. Ha tehát a felveendő szelvény síkjában valamilyen alkalmas módon ismert távolságban két fénypontot helyezünk el és ezeket a kontúrvonal képével együtt lefényképezzük, akkor a szelvényképen bármely két kontúrpontra közötti távolság értéke a módszertől megkívánt pontossággal meghatározható, ha 1 %-nál nem követünk el nagyobb hibát az alappontok síkba helyezésekor, a fényképezés végrehajtásakor, valamint a felvételek kidolgozása során.

Kezdetben – mint már említettük – két alapponttal gondoltuk megoldani a méretjelölést, mert két fénypontnak a szelvényt síkba való helyezése akkor még elegendőnek látszott ahhoz is, hogy a szelvényképen megjelölhessük a vízszintes, vagy függőleges irányt.

3. A szelvénykép tájolása

A felvételnél tehát a méreteken kívül meg kell jelölni a szelvény síkjában a vízszintes, ill. a függőleges irányt is, hogy ugyanezt a szelvényképen is megkapjuk. Barlangi viszonylatban ez alapvetően fontos feladat, hiszen a barlangüregek keresztmetszete elvileg bármilyen alakot felvehet. Enélkül sem a szelvényképek számszerű morfológiai kiértékelésére, sem pedig a barlangüregek vetületi alaprajzának, ill. függőleges hosszvetületének elkészítésére nem volna egyértelműen lehetőség.

Az első időszakban tehát felmerült az a gondolat, hogy az alappontok egyszersmind tájolásra is alkalmasak, ha azokat pl. függőn rögzítve helyezzük el a felveendő szelvény síkjában. Alappont-jelölésre kezdetben közönséges zseblámpaizzók alkalmazását vettük tervbe.

4. A szelvény és a fényérzékeny lemez síkjának párhuzamosítása

Az a tény, hogy a fényképezés során keletkezett kép centrális projekcióval (központos vetítéssel) jön létre, természetesen eleve szükségessé teszi esetünkben is a szelvény és a fényérzékeny lemez síkjának párhuzamosítását, amennyiben alak- és mérethű szelvényképre tartunk igényt.

A külföldi irodalom ismertetése során a fénymetszet-eljárással kapcsolatban már említettük, hogy a bányatárók szelvényezésére készült F. KOPPENWALLNER-féle jelenlegi legfejlettebb külföldi műszernél a vetítőberendezés mereven van rögzítve a fényképező kamarához. Ennek oka nyilvánvalóan az, hogy ilyen módon lehet gyors felvétellel mellett (percenként 1 felvétel) kellő pontossággal biztosítani a felvétel során a szelvény és a fényérzékeny lemez párhuzamosságát. Mindez közel egyenes bányatáróknál, közel szabályos alakú (izometrikus) mesterséges földalatti járatszelvek esetében vágányokon mozgatható berendezéseknél a legegyszerűbb és gyakorlatban is minden nagyobb nehézség nélkül könnyen kivitelezhető megoldás. Ugyanakkor már a bevezető részben is rámutattunk arra, hogy módszerünk F. KOPPENWALLNER-étől többek között éppen a vetítő műszer és a fényképező kamara kapcsolatát tekintve tér el, illetve nyújt újat a föld alatti járatok fotogrammetrikus szelvényezése terén.

1957-ben módszerünk kialakulásának kezdetén – mint láttuk – eleve úgy készültek az első kísérleti felvételek, hogy a megvilágító egység és a fényképezőgép között semmiféle kapcsolatot nem létesítettünk. Emiatt kezdetben természetesen csak közelítőleg, szemmérték alapján végeztünk párhuzamosítást, de már akkor láttuk, hogy szabatos mérésről ilyen körülmények között szó sem lehet. A pontos párhuzamosítás problémája megoldásra várt, érdekes azonban, hogy akkor még csak véletlenül sem merült fel az a gondolat, hogy a megoldást a megvilágító egység és a fényképező kamara közötti merev kapcsolatban keressük. Ehelyett az első pillanattól fogva képátalakításban (transzformáció) láttuk a legkézenfekvőbb gyakorlati megoldás kulcsát.

Ma már természetes, hogy miért gondoltuk egyedül járhatónak ezt az utat. Az a tény ugyanis, hogy a barlangüregek hosszirányban általában elég tekervényesek és keresztirányban is maximális mértékben torz felülettel vannak körülhatárolva, ez – mint a kísérletek során bebizonyosodott – az alábbi szempontok miatt követeli meg a képátalakítási műveletek alkalmazását:

A) Fotogrammetrikus módszerrel 100 %-os szelvényfelvétellel barlangi viszonylatban általában nincs lehetőség, ha a vetítő és a kamara között merev kapcsolat van. Ilyen felvétel készítése még akkor sem remélhető, ha a szóbanforgó kapcsolat távolsága nagy intervallumban szabályozható.

B) Merev kapcsolat nélkül a szelvényt és a fényérzékeny lemez síkjának pontos párhuzamosítását barlangi szelvényfelvétel során legfeljebb csak valamilyen alkalmas optikai módszerrel lehetne megfelelő gyorsasággal végrehajtani.

C) Barlangi körülmények között azonban nincs is szükség semmilyen párhuzamosító berendezésre, mert a kísérletek tanúsága szerint fény metszet-eljárással 100 %-os szelvényfelvétel készítésére csakis akkor van remény, ha a kamarával – a szelvényre való legjobb rálátásnak megfelelően – tetszőleges helyen ill. helyzetben lehet felállni.

Az első szempont teljesen érthető, ha meggondoljuk, hogy a vetítő és a kamara közötti merev kapcsolat esetén állandóan változtatni kellene a két műszeregység közötti távolságot, hogy minden helyen biztosítani lehessen a rálátást a hosszúság függvényében általában erősen változó barlangi keresztiszelvények egész területére. Mindez azonban nagy műszerközi távolság esetén sem lenne minden esetben célravezető, mert kis görbületi sugarú járatkanyarban ilyen felállásra általában nincs elegendő hely. Különben is barlangban rendkívül körülményes dolog nagyobb méretű berendezések szállítása, ill. mozgatása.

Lényegében a harmadik szempont is azzal indokolható, hogy barlangi körülmények között csakis abban az esetben alkalmazható szelvényezésre fotogrammetrikus módszer, ha minden úton arra törekszünk, hogy a felvenni kívánt szelvényre való rálátás lehetőségét növeljük. E probléma teljesebb megoldására még egyéb módokat is keresünk.

Ahhoz, hogy a fotogrammetrikus barlangi keresztiszelvényezésben is felhasználhassuk a légi fotogrammetriában széleskörűen használt képátalakítás előnyeit, ki kellett dolgozni mind felvételi, mind pedig kidolgozási téren ennek kivitelezési módjait.

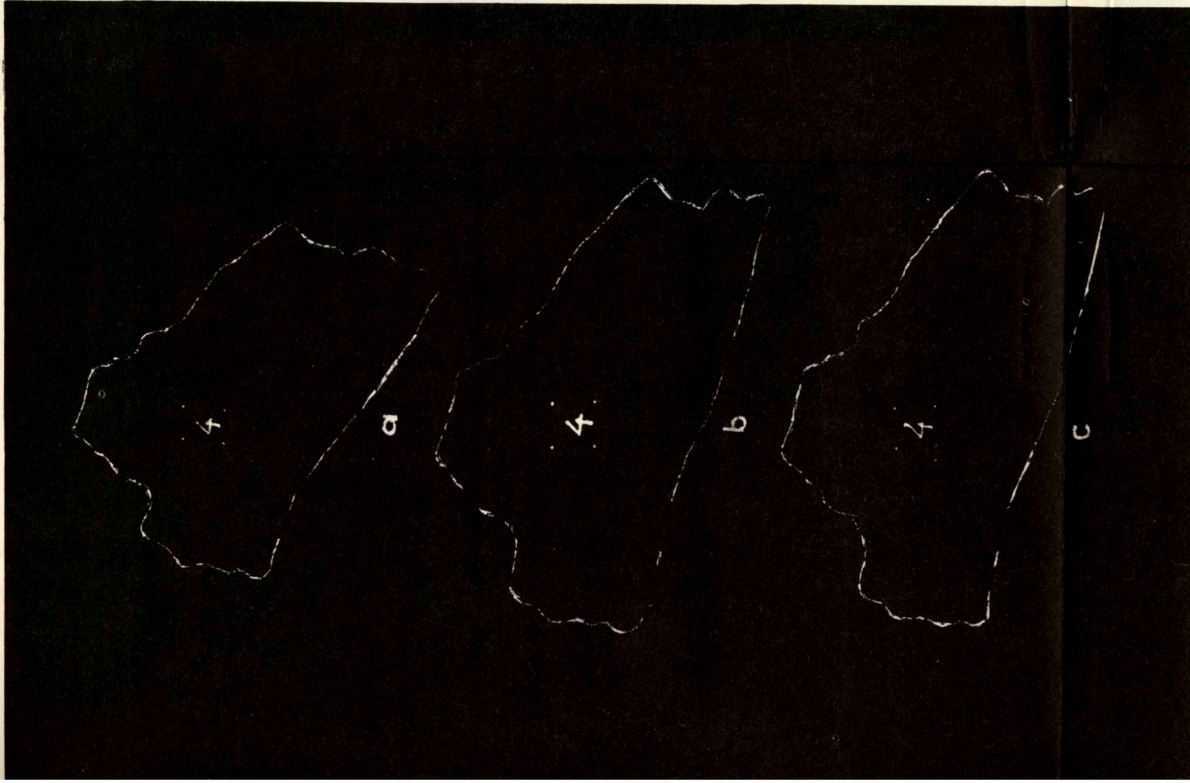
Ismeretes, hogy a képátalakítás a légi fotogrammetriában azért szükséges, mert a fényérzékeny lemez síkja és a felveendő terület mérési alapsíkja közötti párhuzamosítást a helyszínen igen körülményes lenne végrehajtani. Ezt a kidolgozás során képátalakítás segítségével végzik el, bár ebben az esetben a kidolgozás lesz lényegesen körülményesebb.

Szpeleofotogrammetriában (barlangi fényképmérés) a keresztiszelvényezésnél az alábbiakban határoztuk meg a képátalakítási művelet elvét: A felveendő keresztiszelvény síkjával nem párhuzamos fényérzékeny síklemezre felvett torzkép negatívjáról akkor készíthetünk alak- ill. mérethű szelvényképet a feldolgozás során, ha a felvételnél legalább három ismert relatív helyzetű fénypontot létesítünk a szelvénytípusban. Ebben az esetben ugyanis a nagyítógép alatt a pozitív síklemeznek a felvételi szögviszonyoknak megfelelő módon való döntésével a szelvényalakokkal együtt perspektívikusan torzult alappont-viszony az eredeti állapotra állítható vissza. Ha pedig ez megvalósul, akkor a torz szelvénykép is alak-, ill. mérethelyessé válik.

A gyakorlatban a képátalakítási műveletek alapjául négy fénypont alkalmazását láttuk célszerűnek. A szükségesnél több, tehát fölös számú alappontra – az ellenőrzés lehetősége miatt – az alábbiak szerint volt szükség:

A) Négy fénypont használata esetén biztonságosabb a képátalakítás végrehajtása.

B) Ilyen körülmények között biztonságosabb a tájolás végrehajtása is, ha a felvételnél gondoskodunk a négyzet oldalainak vízszintes, ill. függőleges irányokkal való



6. ábr. A kőpénlakítás (transzformáció) bemutatása. A felvételek a budapesti Mátyáshegyi-barlang „Színház-teremében” 500 mm-es pontnégyszöggel készültek. a: a fényérzékeny-lemez síkja kb. 30°-os szöget zár be a szelvény síkjával, b: a torzképből (a) alakítás útján nyert szelvénykép, c: a szelvény-síkkal párhuzamos lemezállással az előbbivel azonos helyen készített fénykép (SZAYER KORNEL felvételei).

Fig. 6. Demonstration of the transformation. The surveying has been carried out in the „Színház-terem” („Theatre room”) of the Mátyáshegyi Cave in Budapest using point quadratic of 500 mm. a: the plane of the sensitized plate and the plane of the cross section include an angle of about 30°, b: cross section picture obtained from the distorted picture by means of transformation, c: picture made in the same place as before by positioning the sensitized plate parallel to the plane of the cross section. (Photo by KORNEL SZAYER.)

párhuzamosításáról, mert a képátalakításra szolgáló alappontok egyben tájolásra is alkalmasak (5. b. ábra).

C) Pontnégyyszög segítségével biztonságosabb a méretjelzés is, ha a négy fénypont a mért oldalhosszúságú négyzet sarokpontjain foglal helyet, mert a képátalakítási alappontok a fentiekén kívül méretjelzésre is használhatók (5. b. ábra). Meg kell jegyezni azonban, hogy ez esetben ilyen nagyfokú (hatszoros) biztonságra tulajdonképpen nincs is szükség.

Kezdetben az alappontok létrehozása olyan egyszerű fakeretre szerelt négy zseblámpaizzó segítségével történt, amelyet tájolva függesztettünk fel a szelvény síkjában. Később ugyanezt a feladatot összehajtható, tehát könnyebben hordozható fémlap alkalmazásával oldottuk meg, először az oldalfalakra, majd a vetítő állványára függesztve.

Jelenleg a mérési alappontok létrehozását egzakt módon a fotoprofilográf segítségével oldjuk meg. Az alappontok bevillantásának eszközével és végrehajtásával kapcsolatos kérdéseket a IV. és V. fejezetben tárgyaljuk.

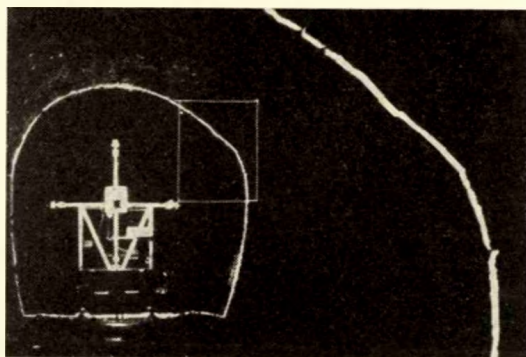
A torz felvételek átalakítása a kidolgozás során nagyítógéppel összeépített ún. „transzformáló-asztalon” történik. E berendezés működési elvét és a képátalakítás gyakorlati végrehajtását részletesen szintén a IV. és V. fejezetben írjuk le.

A mellékelt felvételeken (6. ábra) látható, hogy a képátalakítás során az erősen torz szelvényképből (6a. ábra) ismét alak- és mérethelyessé alakított szelvénykép (6b. ábra) legalább 1%-os pontossággal megegyezik azzal a szelvényképpel, amelyet a szelvénytárcsával párhuzamos állású fényérzékeny lemezzel készítettünk (6c. ábra). Ebből következik, hogy a szelvénytárcsa és a fényérzékeny lemez képátalakítás útján történő párhuzamosítása tudatosan egyszerű eszközökkel is kellő pontossággal elvégezhető, még akkor is, ha a szelvénytárcsa és a fényérzékeny lemez síkja a felvétel során viszonylag nagy, de legfeljebb 45° -os szöget zár be egymással.

Az irodalomból kitűnik, hogy lényegében F. KOPPENWALLNER tárószelvényezési módszerében is szerepel a képátalakítás. A szerző cikkében ugyanis utal arra, hogy a felvételek utólagos javításánál a kidolgozás során szükség van bizonyos pontnégyyszögre, amelyet a felvételkor kell a szelvény síkjában elhelyezni (7. ábra). Szpeleofotogrammetriában azonban a képátalakításra nemcsak egyszerűen javítás miatt van szükség, hanem ez nálunk olyan alapvető feladat, amely nélkül gyakorlatilag egyáltalán nem is lehetne megoldani a barlangok kereszt-szelvényeinek részletes és rendszeres fotogrammetrikus felvételét.

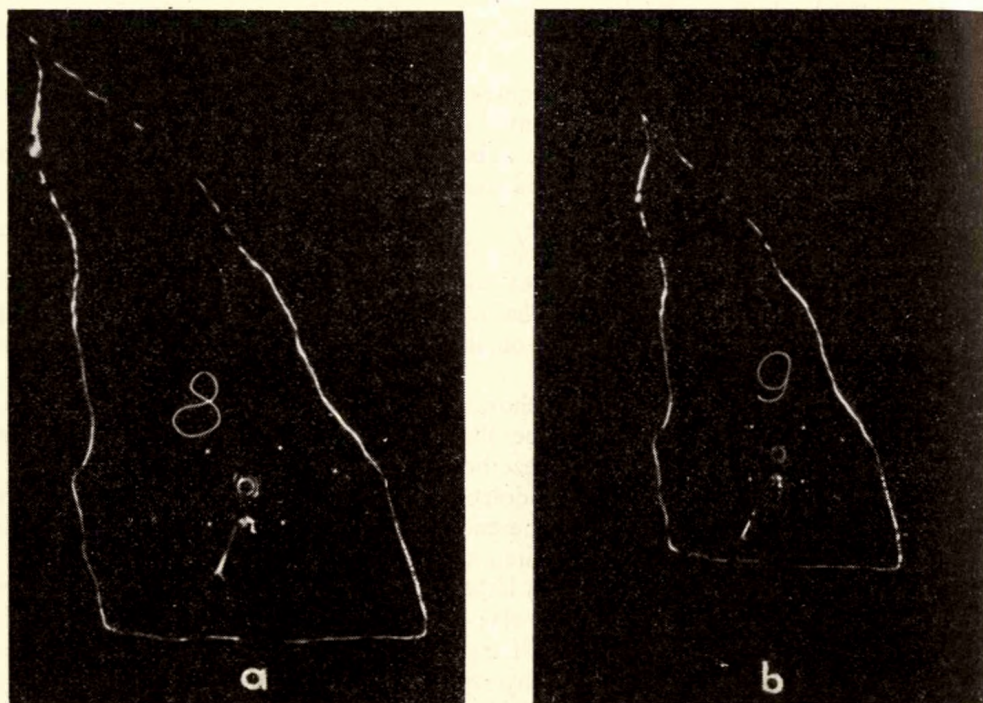
5. A szelvényre való rálátás biztosítása

A fentiek során láttuk, hogy barlangi viszonylatban fotogrammetrikus kereszt-szelvény felvételénél egye-



7. ábra. F. KOPPENWALLNER felvétele az általa készített műszer pontnégyyszögjelölő berendezéséről. A jobboldalon látható fénycsík a kontúrvonal bekeretezett részét nagyítva mutatja.

Fig. 7. F. KOPPENWALLNER's photo of the point quadratic marker of his self-made instrument. The light band visible on the right side of the picture represents in enlarged form the framed part of the object-line.



8. *ábra.* Összehasonlítás a normál és a nagylátószögű objektívvel készített szelvényképek között. A szelvényképek a jósvalói Vass Imre-barlang „Háromszög”-folyosójában azonos helyen és azonos távolságból készültek. A pontnégyyszög oldalhossza 500 mm. (CSER FERENC felv.) *a*: normál objektívvel ($f = 50$ mm) leképezett szelvény, *b*: nagylátószögű objektívvel ($f = 35$ mm) leképezett szelvény

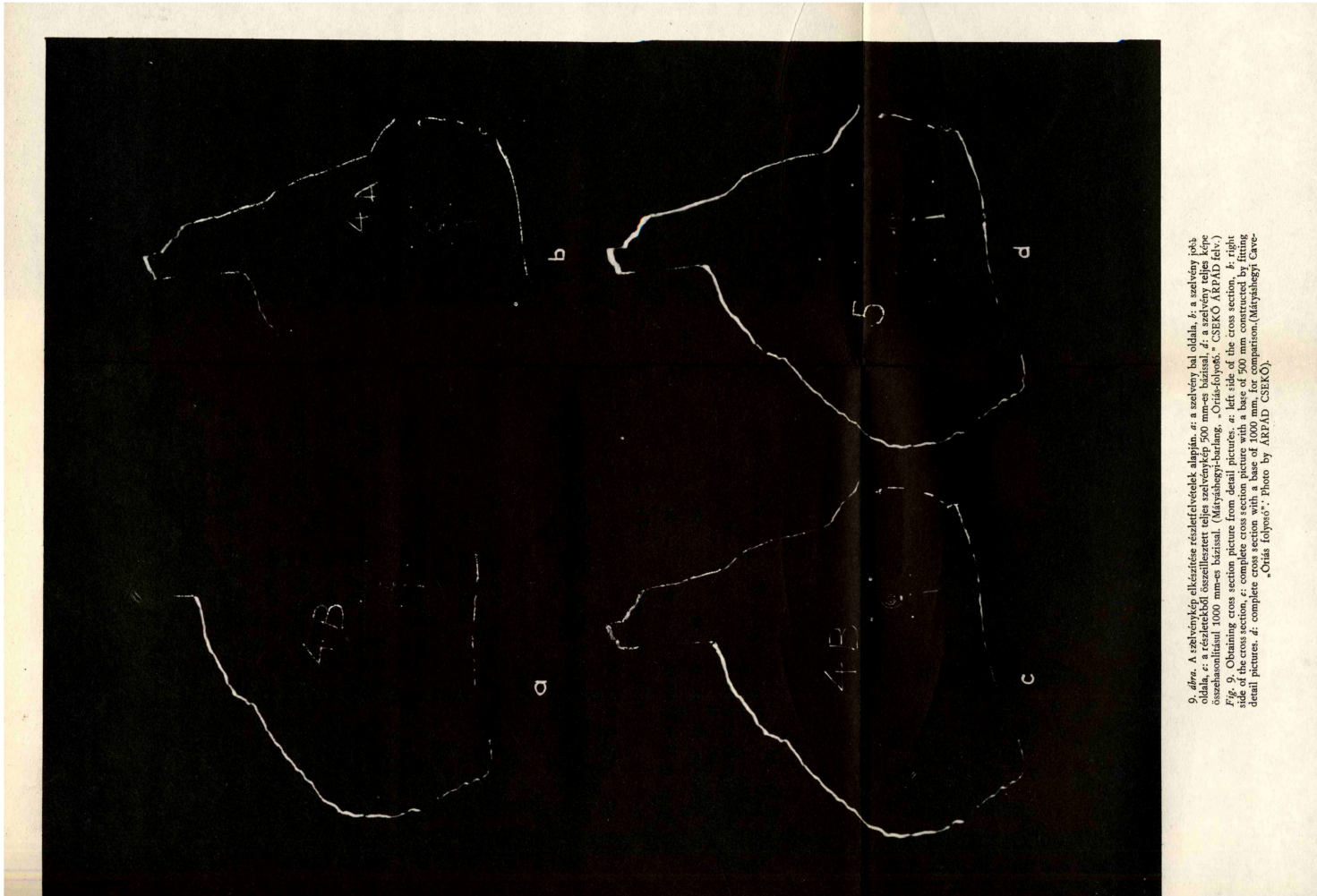
Fig. 8. Comparison between cross section pictures made by using normal, respectively large aperture angles of the objective lens. The cross section pictures have been made in the „Háromszög” (Triangle) gallery of the Vass Imre Cave, at the same place and from the same distance. The length of side of the point quadratic is 500 mm. (Photo by FERENC CSER). *a*: cross section photographed by using normal objective ($f = 50$ mm), *b*: cross section photographed by using large aperture angle of the objective ($f = 35$ mm).

löre még nem a gyorsaságon van a hangsúly, hanem azon, hogy egyáltalán lehetőség legyen barlangi szelvények felvételére. Ezért volt szükség többek között a képátalakítási műveletek alkalmazására is. A képátalakítás azonban önmagában még nem elégséges ahhoz, hogy minden esetben használható legyen módszerünk, annál is inkább, mert túlzottan ferdeszögű (45° -nál nagyobb) felvétel esetén a megkívánt 1%-os pontosság elérése gyakorlatilag már bizonyos nehézségekbe ütközik.

Az 1959. évi kísérletek nyomán a szelvényre való rálátás növelésére a képátalakítás adta lehetőségeken kívül még két út bizonyult megfelelőnek:

- A) nagylátószögű objektív alkalmazása,
- B) részletekben való szelvényfelvétel.

Az első lehetőség esetében bebizonyosodott, hogy 35 mm-es gyújtótávolságú, nagylátószögű objektív használata mellett azonos távolságból kb. másfélszer nagyobb terjedelmű szelvényt lehet felvenni, mint 50 mm-es gyújtótávolságú normál len-



9. ábra. A szelvények elkészítése és a felvételük alapján: *a*: a szelvény bal oldala, *b*: a szelvény jobb oldala, *c*: a részletekkel összehasonlítva teljes szélességű 500 mm-es bazális, *d*: a szelvény teljes képe összehasonlítással 1000 mm-es bazálissal. (Műtárhelyi-bazilika, „Orida-folyosó”, CSEKO ÁRPAD felv.)

Fig. 9. Obtaining cross section picture from detail pictures: *a*: left side of the cross section, *b*: right side of the cross section, *c*: complete cross section picture with a base of 500 mm constructed by fitting detail pictures, *d*: complete cross section with a base of 1000 mm, for comparison. (Műtárhelyi Cave-„Orida folyosó”; Photo by ÁRPAD CSEKO).

csével (8. ábra). Ennél nagyobb látésszögű optika azonban – a gyakran jelentős méretű barlangi szelvények felvételénél – disztorzióból eredő elrajzolások miatt még akkor sem látszott biztonságosan alkalmasnak, ha a kidolgozásnál is a felvételnél használt objektívet használjuk (VI. fejezet).

A szelvényterületre való rálátási nehézségek véglegesnek mondható megoldása azonban csak a részletekben való szelvényfelvétel gondolatának kidolgozása nyomán valósult meg. Felmerült ugyanis az a gondolat, hogy amennyiben a megengedhető legferdebb szögben álló fényérzékeny lemezállás és nagylátószögű objektív használata esetén sem lehet rálátni valamely szelvényre, akkor a felvétel részletekben is történhet, ha megfelelő illesztőpontok állnak rendelkezésünkre.

Az illesztőpontok biztosítása már nem jelentett külön problémát, hiszen nyilvánvaló, hogy a pontnégyszög – használata negyedik funkciójaként – részletképek összeillesztésére is biztonságosan alkalmas.

A részletekben való szelvényfelvétel elvét az alábbiakban rögzítjük: A felvenni kívánt, de egy pontról teljes terjedelemben nem látható szelvény síkjának környezetében a fényképezőgéppel annyi helyzetben, ill. helyen állunk fel, amely állások összességéről készített felvételek külön-külön a minden egyes részletfelvételnél azonos helyen bevillantott pontnégyszöget, együttesen pedig a felvenni kívánt szelvény kontúrvonalán minden egyes pontját tartalmazzák. A fenti elv teljesülése esetén a kidolgozásnál a szelvény képe teljes terjedelemben előállítható, ha képátalakítás és azonos méretre hozás után oly módon illesztjük össze az egyes részletfelvételeket, hogy a megfelelő (identikus) alappontok képeit egyeztetjük.

A mellékelt kísérleti felvételek (9. ábra) készítése nyomán bebizonyosodott, hogy az elgondolás a megkívánt pontosság határain belül végrehajtható a gyakorlatban is. Kitűnt azonban, hogy a részletfelvételeknek a fenti módja, pl. túl magas szelvények esetében, nehézségekbe ütközhet, ha a pontnégyszög nem helyezhető el az átfedések területén. Ilyen körülmények között kiegészítő megoldásként az alábbi eljárás mutatkozott megfelelőnek: A pontnégyszöget a szelvény hozzáférhető részleteiben, ill. átfedéseiben bevillantjuk. Ahol ez nem lehetséges, ott pontnégyszög nélkül legalább 2 m-es átfedéssel készítünk részletfelvételt.

Az ilyen módon készített részletfelvétel a kidolgozás során a tapasztalat szerint a megkívánt pontossággal kapcsolható a csatlakozó részlethez, ha az átfedések területére eső kontúrvonal-szakasz nem egyenes vonal és ha a kidolgozásnál megfelelő nagytávtáv alkalmazunk. E kiegészítő megoldás legnagyobb hibája az, hogy a pontnégyszög nélküli részletkép átalakítása elég körülményes, mert ezt a műveletet csak a csatlakozó és pontnégyszöggel rendelkező részletkép kidolgozása után lehet elvégezni oly módon, hogy a csatlakozó részlet méretében egyeztetjük az azonos kontúrvonal-szakaszokat.

6. A keresztzelvény mérés és a hossz mérés kapcsolata

A bevezetőben már rámutattunk arra, hogy módszerünk barlanggenetikai célok mellett alapvetően szpeleometriai célt szolgál. A felvett szelvényképeknek tehát alkalmasnak kell lenni a szószerint vett „barlangtérkép” készítésére is. Ebből következik, hogy a felvétel során nem elegendő csupán az elmondottakról gondoskodni, hanem biztosítani kell azt is, hogy a szelvénykép kapcsolható legyen a hossz mérési poligonhoz. Ez azért szükséges, hogy a hossz- és keresztmérések összesítéséből meghatározható

legyen a felmért barlangüreg határfelületének mindannyi geometriai adata, amennyit a szelvényfelvételek sűrűségétől függően várhatunk.

Nilvánvaló, hogy a fenti kívánalom csakis akkor teljesíthető minden tekintetben, ha a felvételnél a konturvonal megvilágításán és a méret jelölésén kívül gondoskodás történik:

A) a függőleges síkban kijelölt keresztzelvény térbeli helyzetét egyértelműen meghatározó további szükséges adatok rögzítéséről,

B) a függőleges helyzetű szelvénytíkon áthaladó poligon vonal dőfspontjának megvilágításáról.

Az A) pontban foglalt követelmény kielégíthető, ha meghatározzuk:

a) a függőlegesített szelvénytíkos csapását, vagyis az e síkban fekvő vízszintes egyeneseknek az É–D-i iránnyal bezárt szögét,

b) a keresztzelvény síkbeli helyzetét, vagyis viszonyát a függőleges–vízszintes irányokhoz (orientáció).

Tekintettel arra, hogy a tájolás kérdését már korábban letárgyaltuk, ezért még két hátralevő szükséges mérési feladatról, nevezetesen a csapás és a dőfspont meghatározásáról kell szólni.

A felveendő keresztzelvények csapását kezdetben közelítő pontossággal beállva a megvilágítás síkjába, bányászkompass segítségével határoztuk meg. Jelenleg ugyanez a feladat a fotoprofilográfba beépített 360° -ra beosztott kompass segítségével végezhető el. Ez a megoldás azért vált szükségessé, mert így rögzített módon, tehát biztonságosan párhuzamosítható a megvilágított szelvénytíkos és a kompasson kijelölt É–D-i irány. E berendezés segítségével tehát kényelmesen, gyorsan és a szükséges pontosságnak megfelelően (VI. fejezet) állapítható meg a felvenni kívánt szelvénytíkos csapásvonalának iránya.

A barlangok fotogrammetrikus keresztzelvényezése önmagában véve legfeljebb csak morfogenetikai szempontból lehet hasznos, de még ebben az esetben is ismernünk kell a felvett szelvénytíkok egymáshoz, illetve a barlangi mérések kiinduló pontjához (bejárat, vagy valamilyen mérési alappont) viszonyított helyzetét. Szpeleometriai szempontból pedig a keresztzelvényezés nem más, mint olyan másodrendű mérési művelet, amely az elsőrendű, vagy alápmérés során felvett poligon pontjaihoz keresztmetszeti méreteket rendel.

Akárhogy is nézzük a kérdést, nyilvánvaló, hogy a két mérést, tehát a hossz- és keresztmérést valamilyen módon egymáshoz kell kapcsolni. Ezt legegyszerűbben úgy gondoltuk megoldani, hogy a felveendő szelvény síkjában megvilágítjuk azt az egy pontot a felvétel során, amely megfelel (identikus) a poligon rendszernek síkba eső pontjával. Ez a pont pedig nem más, mint a szelvénytíkos és az ezt metsző poligon-oldalt képviselő egyenes dőfspontja.

Gyakorlatilag a dőfspont kijelölése a szelvény síkjában csakis akkor végezhető el, ha a keresztzelvény-mérést a poligon-mérés vagy poligon vezetésre alkalmas fixpontrendszer kiépítése már megelőzte. Ebben az esetben ugyanis valamely barlang bármely szakaszán felvenni kívánt keresztzelvény síkjában a metsző poligonoldal dőfspontja az a pont, amelyet a szelvénytíkos előtt és után elhelyezkedő fixpontok között kifeszített és elvileg végtelenül vékony és tökéletesen egyenes koordináta-zsinóron a fotoprofilográf kollimátorának optikai tengelyében haladó fény sugar megvilágít. Az ilyen módon kijelölt dőfspont szükség esetén a jobb láthatóság érdekében külön pontszerű fényforrás (számozóbot világító csúcsa) segítségével is megvilágítható. (Lásd pl. a 8. a, b ábrán a pontnégyesztől jobbra levő fénypontot.)

A szelvény síkját metsző poligon-oldalt képviselő koordináta-zsinór nemcsak a főpont kijelölésére szolgál, hanem ezen egyszersmind lemérhető a felvett szelvénytű főpontja és a metsző poligon-oldal végpontjai, vagyis a legközelebb eső fixpontok közötti távolság is. Ilyen módon egyrészt adott poligonrendszerhez, mint koordináta-rendszerhez rögzíthetjük a felvett szelvények helyét, másrészt adott poligon meghatározott pontjain rendelkezésünkre állnak olyan függőleges kereszt-szelvények, amelyek mentén a keresztmértetek végtelen sokasága meghatározható, ha az adott helyen a felvett szelvényképen a kontúrvonalnak minden egyes pontja rögzítést nyert.

7. A felvételek számozása

Rendszeresen végzett fotogrammetrikus felvételnél fontos kérdés a felvételek számozása, ill. egyértelmű jelölése. Enélkül nagyobb mérési munka zavartalan feldolgozása elképzelhetetlen.

Már 1958-ban felmerült a probléma: hogyan lehetne ezt kényelmesen, gyorsan, biztonságosan és általában minden igényt kielégítő módon megoldani.

Ismeretes, hogy pl. a filmtechnikában általában számtábláknak a felvenni kívánt kép egyidejű lefényképezésével végzik el ezt a feladatot. Barlangi viszonylatban azonban ez a megoldás kényelmetlennek látszott. Nagyszámú felvételnél ugyanis sok különböző variációt biztosító számtáblára lenne szükség, ugyanakkor külön megfelelő világítást is kellene alkalmazni ezek fényképezéséhez. Ilyen külön megvilágítás pedig a kontúrvonalak elmosódását okozhatná, hacsak valamiféle foszforeszkáló felületű számtáblákról nem gondoskodnánk.

A fentiek miatt a legegyszerűbb megoldás az első fényponttal való letapogatás útján törtéző kontúr-megvilágítási módszerünkből adódott. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a megvilágító rúddal nemcsak a kontúrvonal képe rajzolható meg, hanem ugyanilyen módon tetszőleges számot, vagy bármilyen más felvétel-jelölést is létre lehet hozni a szelvény síkjában.*

Jelenleg a felvételek számozását külön erre a célra készített ún. „számozóbot” segítségével végezzük, melynek végén tompított fényű világítócsúcs, markolatán pedig rugós érintőkapcsoló van (IV. fejezet).

Említettük már, hogy F. KOPPENWALLNER és munkatársai nem rendelkeznek még számozó berendezéssel. Ezért egy filmtekercsen belül a felvételek egymásra következéséből következtetnek azok felvételi helyére. Több filmtekercs használata esetén a tekercsek egymásra következését úgy rögzítik, hogy az új tekercs első kockájára még egyszer felveszik ugyanazt a szelvényképet, amely a megelőző tekercs utolsó felvétele volt.

Szpeleometriai szempontból azonban különösen jelentős a felvételek egyedi számozásának lehetősége, mivel így mód van arra, hogy az egyes felvételeknek a poligon töréspontjaihoz viszonyított távolságát, a szelvénytű csapásvonalának É-i irányval bezárt szögét, ill. egyéb megjegyzéseket jegyzőkönyvileg egyértelműen rögzíthessünk (18. ábra).

* Szóbeli értesülésünk szerint 1934-ben K. Killian is hasonlóan oldotta meg a barlangi kereszt-szelvény-felvételek számozását. (Bertalan K. közlése R. Pirker tudósítása alapján.)

8. A fényképezés

A módszer kialakítási irányelveinél már hangsúlyoztuk, hogy a rögzített nem túl nagy pontossági igények mellett a lehető legegyszerűbb megoldásokra és egyszerűsített viszonylag könnyen beszerezhető berendezések használatára törekszünk.

A fentiek miatt a szelvényképek felvételére közönséges kisfilmes fényképezőgép és fényképező állvány használatát vettük tervbe módszerünk keretében. Kétségtelen ugyan, hogy még egyszerű üveglemezes fényképezőgép segítségével is nagyobb pontosság lenne elérhető. Erre azonban, mint bebizonyosodott, nincs feltétlenül szükség, mert az igényelt pontosság kisfilmes gép használatával is elérhető. A mai modern fényképezőgépek ugyanis mind mechanikai, mind pedig optikai tekintetben meglehetősen szabatos kivitelben készülnek (VI. fejezet). Az üveglemezek pedig nemcsak költségesebbek a tekercsfilmnél, hanem használatuk barlangi körülmények között kényelmetlen is lenne.

IV. A KERESZTSZELVÉNYEZÉS MŰSZEREI

1. Felvételi eszközök

A fotoprofilográf

A műszer a szelvénykontúr, a tájolt pontnégyyszög és a poligon dőféspont megvilágítására, valamint a függőleges szelvénytű csapásának meghatározására szolgál (13. ábra, 107. lap).

A függőleges szelvénytű kontúrvonalának megvilágítása a vízszintezett fekvőtengely mentén, a közel párhuzamos sugárnyalábot vetítő kollimátor 360° -os elforgatásával végezhető el.

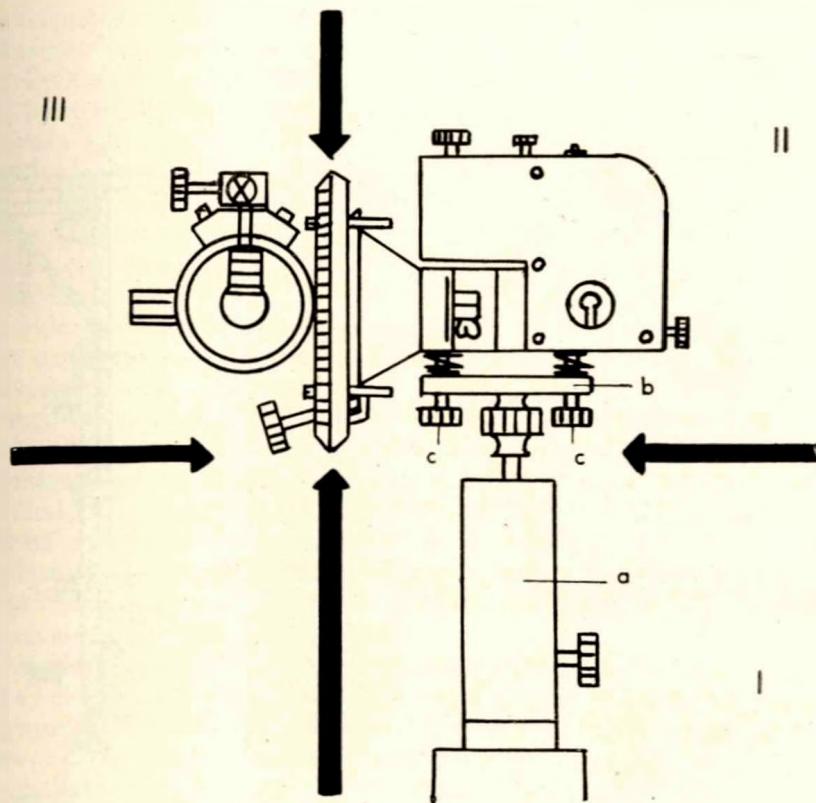
A mérés alapjául szolgáló négyzet alakú tájolt pontnégyyszög előállítása a műszeren az alábbi módon történik: A kollimátor által létrehozott közel párhuzamos sugárnyaláb útjába alappont-jelölés gyanánt kisméretű, fehér, átvilágítható üveggömböcskét állítunk. Ez a kollimátorhoz van kapcsolva és középpontja kellő pontossággal állítható be annak optikai tengelyvonalába. A kollimátor 360° terjedelmű elforgatásakor tehát a pontjelölés középpontja is teljes kört ír le a megvilágított szelvény síkjában. E kör sugarát úgy választjuk meg, hogy hossza megegyezzen a szükséges oldalhosszúságú pontnégyyszög félátlójának hosszával. A forgatáskor leírt körvonal pontjai közül a tájolt négyzet sarokpontjainak kiválasztása úgy történik, hogy csak olyan helyzetben világítjuk meg a pontjelölést, ha a forgatási centrumból a középpontjához húzható sugár iránya éppen 45° -ot zár be a vízszintes iránnyal. Ez a helyzet a műszeren kellő pontossággal az orientációs berendezéssel ütköztetés útján állítható elő.

A poligon dőféspont megvilágítására szintén a kollimátor szolgál. A szelvény síkját metsző poligon oldal kijelölése fehér átvilágítható műanyagszál kifestésével történik (koordináta-zsinór), amelyen a dőféspontot a kontúrmegvilágítás során a kollimátor sugárnyalábja világítja meg.

A függőleges szelvénytű csapása a műszertestbe beépített kompasszal határozható meg.

A fotoprofilográf szerkezetiileg három fő részből áll (10. ábra).

- A) Műszertalp (I.)
- B) Műszertest (II.)
- C) Világítóberendezések (III.)



10. ábra. A fotoprofilográf fő részei. I: műszertalp, II: műszertest, III: világító berendezések.
 Fig. 10. Principal parts of the photoprofilograph. I: levelling base. II: instrument body. III: exposing devices.

A) A műszertalp hengeres talphüvelyből (*a*) és korong alakú talplemezből áll (*b*). A hengeres talphüvely forgatható és rögzíthető módon az állótengelynek kiképzett állványfejre csatlakozik.

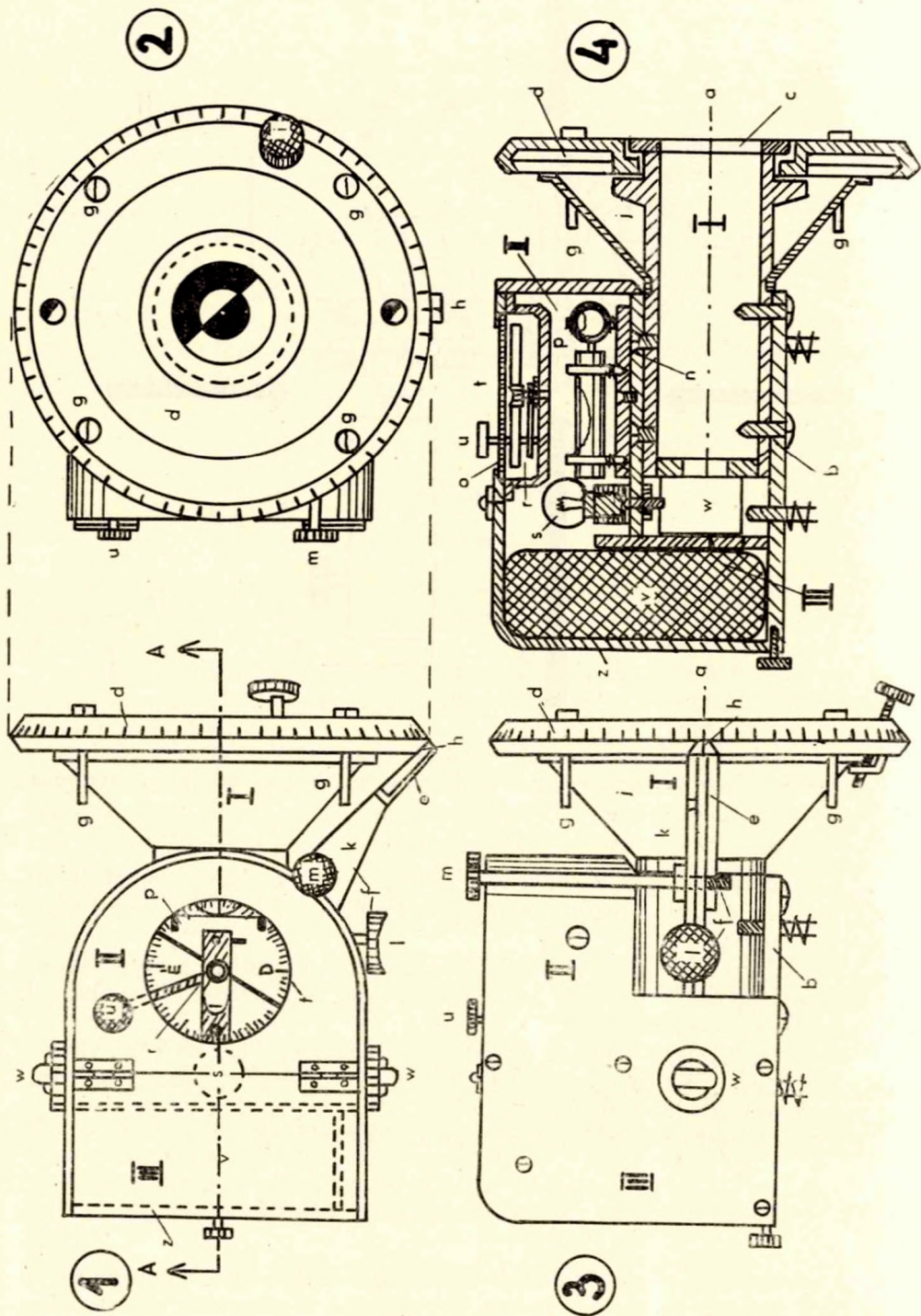
A korong alakú talplemez alsó részén csavarmenettel rögzíthető a talphüvelyhez és három db. egymáshoz képest 120° -ra elhelyezett rugós talpcsavarral (*c*) csatlakozik a műszertest U-alakú talplemezéhez.

A műszertalp biztosítja a műszer állványra való rögzítését, a műszer közel vízszintes irányú elforgatását és a talpcsavarok segítségével a fekvőtengely, valamint az orientációs berendezés indexlemezének vízszintezését.

B) A műszertest három szerkezeti egységre oszlik (11. ábra):

- a) Fekvőtengely és orientációs berendezés (I.)
- b) Libella és kompaszház (II.)
- c) Telep és kapcsolótér (III.)

a) A fekvőtengely (*a*) a műszertest U-alakú alaplemeztől (*b*) van rögzítve. E tengely körül hengeres persely (*c*) mentén forgatható el az orientációs berendezéshez tartozó magassági kör (*d*) a világító berendezésekkel együtt.



11. ábra. A műszertest. 1: felülnézet, 2: előnézet, 3: oldálnézet, 4: A-A metszet.
 Fig. 11. The instrument body. 1: plan view, 2: front view, 3: side view, 4: section (A-A).

Az orientációs berendezés része tehát a magassági kör, a fix fekvőtengelyhez mereven kapcsolt indexnyelv (*e*) és az erre épített rugós pecekszerkezet (*f*).

A fekvőtengelyre merőlegesen felszerelt magassági kör 300° -ra van beosztva, sugara 50 mm. Belső felületére a forgatási centrumtól 35 mm távolságban egymáshoz képest 90° irányban 4 db 2 mm átmérőjű, 20 mm hosszú ütközőcsap (*g*) van erősítve. A körosztás az ütközőcsapok helyes állásának ellenőrzésére szolgál. A leolvasást a körosztáshoz simuló indexnyelv végén egyszerű vonalindex (*h*) teszi lehetővé. A magassági kör fixálása az *i*-kötőcsavar segítségével végezhető el. Ez kötött állásban a fix fekvőtengely palástjához mereven kapcsolt csonkakúp-felület (*j*) visszahajló pereméhez rögzíti a magassági kört.

Az indexnyelven elhelyezkedő rugós pecekszerkezet állótengely mentén elforduló rugózott indexlemezről (*k*), az indexlemezhez rögzített irányító billentyűből (*l*) és kötőcsavarból (*m*) áll.

A rugózott indexlemez a kötőcsavar meglazításakor előreugrik és metszi a magassági körön elhelyezkedő ütközőcsapok által súrolt hengerpalást felületét. Ilyen állásban tehát a magassági körnek és ezzel együtt az alappont-jelölésnek elforgatása az ütközőcsapok által környedeként gátolva, tehát orientálva van. A gátlás maradandó felszabadítása (a magassági kör elforgatásának dezorientálása) az indexlemeznek az irányító billentyűvel történő hátrahúzásával és ennek rögzítésével érhető el. Ilyen állapotra azért van szükség, hogy a kollimátorral történő kontúrmegvilágításkor a magassági kör forgása zavartalan legyen.

b) A műszertest második fő része a libella és kompaszház, amely az U-alakú közép-lemez (*u*) és fedőlemez (*o*) között illetve a telep-tér előtt foglal helyet. E térben alul a középlemezen fekszik a libellakereszt (*p*) és felül a fedőlemezhöz van erősítve a kompasz (*r*). Hátról helyezkedik el a belső világítás fényforrása (*s*).

A libellakereszt két db $1'$ érzékenyséigű csőlibellából áll. Vízszintes vetületben a hátul álló libella tengelye párhuzamos a fekvőtengellyel és annak vízszintezésére szolgál. Az elől álló libella tengelye pedig merőleges a fekvőtengelyre, és segítségével az orientációs berendezés indexlemezét lehet vízszintes helyzetbe állítani. A libellák a középlemezhöz rögzített koronghoz két-két db rugós alátétrel ellátott igazító csavarral vannak hozzáerősítve. Igazítás után e csavarokhoz a libella-tok kötőcsavarokkal rögzíthető.

A műszertest fedőlemezeének elülső részén köralakú, 40 mm átmérőjű ablak (*t*) teszi lehetővé a betekintést a libella- és kompaszházba. Közvetlenül ez alatt, az ablak peremén van felerősítve a kompasz, amelynek hengeres szelencéje plexiből készült, hogy az alatta elhelyezkedő libellák láthatósága is biztosítva legyen. Az élben látszó mágneses tű az aljzat centrumában a plexilemezhez erősített tű hegyén nyugszik, ha a berendezés dezorientált állapotban van. Aretált helyzetben a mágneses tű a rögzítőnyelvvél az ablaknyílás plexilemezéhez van szorítva. A mágneses tű fixálása az *u*-aretálócsavarral végezhető el.

A mágneses tű állásának leolvasását az ablaknyílás plexilemeze alsó felületének peremén elkészített 360° -os beosztás teszi lehetővé. A beosztás kezdő iránya, tehát névleges É-D-i irányú párhuzamos a magassági kör síkjával.

c) A telep és kapcsolótér a műszertest hátulsó részén fekszik. Itt helyezhető el a 4,5 voltos lapos zseblámpaelem (*v*). A kapcsolótér a teleptér és a fekvőtengely között 2 db Tumbler-kapcsolót (*w*) tartalmaz, amelyek a műszer oldalfalaira vannak erősítve. A baloldali a belső világítás, a jobboldali pedig a kollimátor fényforrásának bekapcsolására szolgál.

A gyors telepcserét, ill. a belső világítást szolgáló izzó kicserélését a műszertest hátsó fordított L-alakú felületének (*x*) felnyitása teszi lehetővé. A libellák igazításának lehetősége céljából az U-alakú fedőlemez (*o*) is lecsavarozható és ezzel együtt a kompasz is kiemelhető a műszertestből.

C) A világító berendezések (12. ábra) a magassági kör külső felületére vannak szerelve. A világító berendezések közé tartozik:

- a) a kollimátor (I.)
- b) az alappont-jelölő szerkezet (II.).

A kollimátor központosan van felerősítve a magassági körre oly módon, hogy egyrészt optikai tengelye párhuzamos a magassági kör síkjával, másrészt az ütközőcsapok felszerelési középpontjai által – mint sarokpontok által – alkotott négyzet oldalai párhuzamos, illetve merőleges állásban vannak az optikai tengelyhez viszonyítva.

a) A kollimátor szerkezetileg három részből áll:

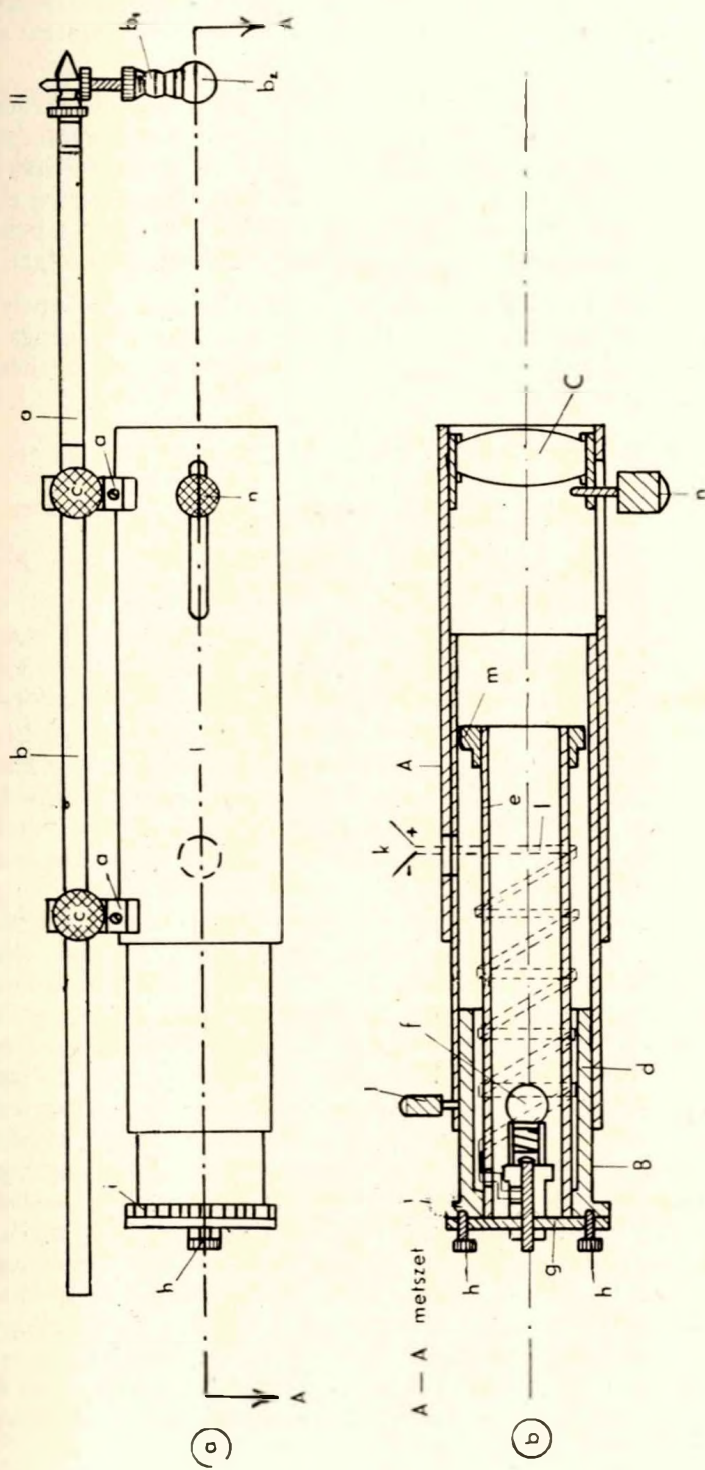
- α) Külső cső (A)
- β) Belső csőrendszer a fényforrással (B)
- γ) Kondenzor lencse (C)

α) A külső cső hossza 165 mm, belmérete 45 mm. Belsejében foglal helyet elmozgatható és rögzíthető módon a belső csőrendszer a fényforrással és a tubusba foglalt kondenzor lencse. A külső cső felszínének felső részén egymástól 85 mm távolságban 2 db kengyel (*a*) foglal helyet 12 mm belméretű hengeres furatokkal. E furatok tengelye párhuzamos a kollimátor optikai tengelyével. E kengyelekben helyezhető el az alappont-jelölő szerkezet teleszkópcsöve (*b*). A teleszkópcsőnek a kengyelekben való rögzítésére a *c*-kötőcsavarok szolgálnak.

β) A belső csőrendszer egy külső rövidebb vastagfalú (*d*) és egy belső hosszabb vékonyfalú (*e*) csőből áll.

A belső csőrendszer hátulsó részén helyezkedik el a kollimátor-fényforrása (*f*), amelynek foglalata korong alakú nyílászáró lemezre (*g*) van szerelve. A nyílászáró lemez 2 db recézettfejű csavarral (*h*) rögzíthető a belső csőrendszer vastagfalú csővének hátulsó gyűrű alakú idomlemezéhez, amely a belső csőrendszer forgató tárcsája (*i*). Ez a kialakítási mód azt a célt szolgálja, hogy a fényforrás izzója könnyen cserélhető legyen. Maga a fényforrás közönséges 2,5 voltos zseblámpaizzó. Ennek közel egyenes izzószála kerül leképezésre a vetítés során, tehát a kollimátor által vetített fényfolt alakja egyirányban megnyúlt vonaldarabka. Ez a megoldás teszi lehetővé a falra vetített fényfolt vastagságának bizonyos mértékű megváltoztatását, ha a belső csőrendszert a külső csőben elforgatjuk.

A belső csőrendszer további célja az, hogy a telep és a fényforrás közötti állandó elektromos kapcsolat mellett egyszerű módon lehetővé tegye a fényforrás elforgatását, ill. tengelymenti hosszirányú elmozgatását. A fényforrás elforgatásának célja már nyilvánvaló. A forgatás megkönnyítésére a belső csőrendszer forgató tárcsájának külső pereme recézve van. A fényforrás hosszirányú elforgatására pedig azért van szükség, hogy a fényforrás által keltett sugárnyaláb a kondenzorlencse hasonló elmozgatásán ki-



12. ábra. Világító berendezések. *a*: kollimátor az alappont-jelölő berendezéssel, *b*: a kollimátor vízszintes metszete (A-A metszet).
 Fig. 12. Exposing devices. *a*: The collimator with the base point marker, *b*: horizontal section (section A-A) of the collimator.

vül ilyen módon is fókuszálható legyen és ezáltal a kontúr, a dőféspont és alappont-jelölés megvilágásánál viszonylag nagy távolságon belül lehessen élesre állítani a kivetített izzószál képét.

A belső csőrendszer vastagfalú csöve (d) a külső csőhöz való illeszkedésre szolgál. Vele együtt az egész belső csőrendszer rögzítése a külső csőben a j -kötőcsavarral történik. A vékonyfalú cső célja pedig az, hogy a külső cső k -jelű nyílásán bevezetett elektromos vezeték annak külső felülete mentén spirál alakban juthasson el a fényforráshoz. A vékonyfalú cső (e) elülső peremén kialakított gyűrű (m) a belső csőrendszer kihúzásakor a spirálvezeték lecsúszásának megakadályozására szolgál.

γ) A kondenzor-lencse egyszerű aszimmetrikus bikonvex optika, amely tubusával a külső cső elülső részében helyezkedik el. Átmérője 40 mm, vastagsága az optikai tengely mentén 15 mm, gyújtótávolsága: $f = 100$ mm. Állítása és rögzítése az n -irányító- és kötőcsavarral történik.

b) Az alappont-jelölő szerkezet három részből áll:

- α) Teleszkópcső (b)
- β) Pontjelölés foglalata (b_1)
- γ) Pontjelölés (b_2)

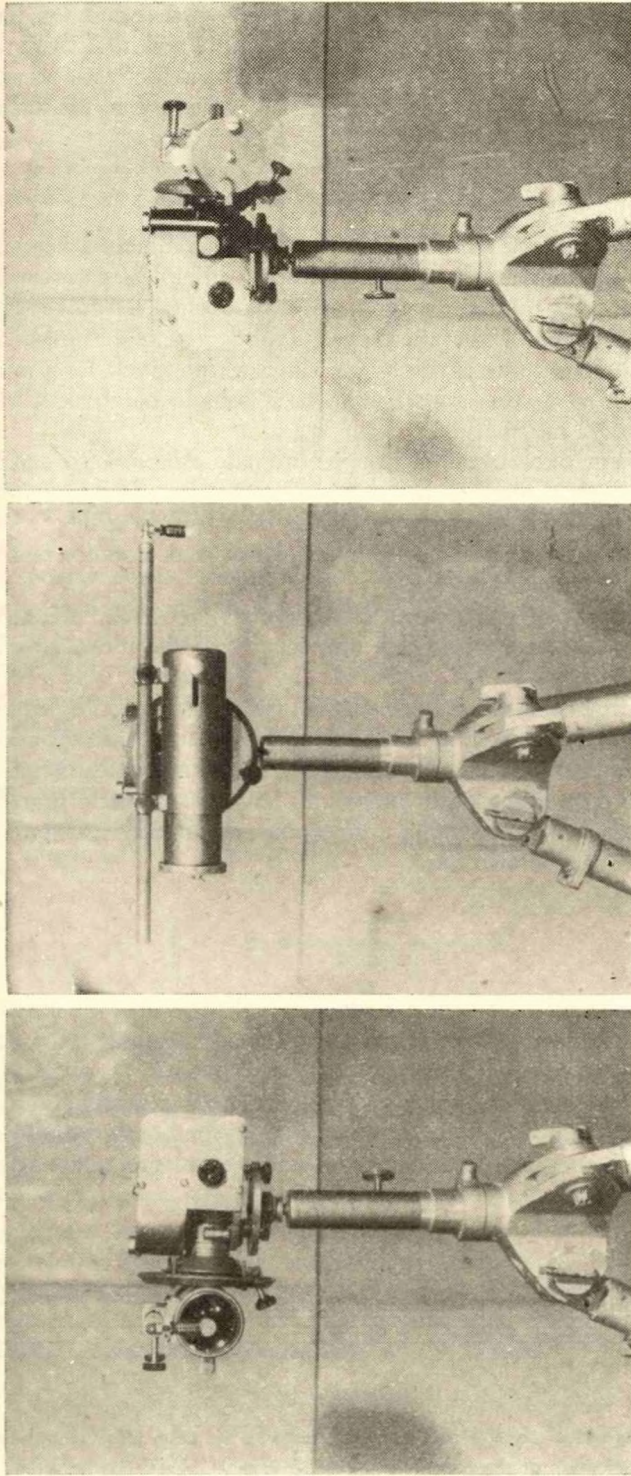
α) A teleszkópcső három darab egymásba tolható 300 mm hosszú, 0,2 mm-es falvastagságú hengeres részből áll. A külső cső külső átmérője 12 mm. Kihúzott állapotban rugós pecek akadályozzák meg összetolását. A teleszkópcső a kollimátor felső részén elhelyezett kengyelek segítségével kapcsolható a kollimátorhoz.

A teleszkópcső tartja a pontjelölést és egyben lehetővé teszi a forgatási tengelytől való távolságának állítását is. Segítségével 250–500 és 1000 mm-es oldalhosszúságú pontnégyszög 177, 354 és 708 mm hosszú félátlójának beállítása válik lehetővé a csövek egymásbatolásának és a kengyelekben való eltolásának mértékétől függően. A kengyelekben való elmozgatás mértéke mindhárom esetben különböző és a külső cső felületére vésett körkörös indexvonalak (o) segítségével állítható be.

Gyakorlatilag azért van szükség legalább három különböző oldalhosszúságú pontnégyszögre, hogy az erősen változó barlangszelvényekben egy bizonyos felső határig minden esetben a lehető legnagyobb méretű pontnégyszöggel lehessen dolgozni.

β) A pontjelölés foglalata (b_1) a pontjelölés megtartására szolgál. A foglalat a teleszkópcső csúcsára merőlegesen oly módon van rögzítve, hogy a teleszkópcső tengelye körül a pontjelölés elforgatható, ugyanakkor bármely állásban megtartható legyen. Ez a kívánalom legegyszerűbben surlódásos megtartással érhető el a szerkezeten. A pontjelölés elforgatására azért van szükség, hogy egyrészt szelvénymegvilágításakor ne állja el a kivetített sugárnyaláb útját, másrészt pedig azért, hogy az alappontok képzésekor a pontjelölés pontosan bejásztható legyen a kollimátor optikai tengelyvonalába. Egyébként ugyanerre a célra szolgál az a megoldás is, hogy a foglalat tengelykörüli elforgatásával annak a csúcstól való távolsága is állítható egyszerű csavarmenet segítségével.

γ) A pontjelölés (b_2) fehér, átvilágítható, nagy fénytörésű üvegből álló 5 mm sugarú gömböcske, amelynek csavarmenettel ellátott szára van. Ennélfogva rögzíthető a foglalathoz. Megvilágítása a kollimátor sugárnyalábjának középpontjára való fókuszálásával történik. A forgatható kollimátor, az orientációs berendezés és az alappont-jelölő szerkezet segítségével a pontjelölés három különböző oldalhosszúságú tájolt pontnégyszög előállítására alkalmas.



13. *ábra.* A fotoprofilográf három nézetben. *a:* baloldali nézet, *b:* előlnézet, *c:* jobboldali nézet.
Fig. 13. The photoprofilograph in three views. *a:* view from the left, *b:* front view, *c:* view from the right.

A fotoprofilográf tehát a fényképezésen kívül gyakorlatilag minden lényeges felvételi funkciót ellát. A műszer üzembesz állvány nélkül 2,20 kg, állvánnyal együtt 7,96 kg.

A műszer igazításával kapcsolatos kérdéseket a VI. fejezetben tárgyaljuk.

A koordináta-zsinór

A koordináta-zsinór olyan egyszerű mérési segédeszköz, amely a keresztszelvény-mérés és a hossz mérés koordinálására; vagyis a dőféspont kijelölésére, valamint a dőféspont és a fixpontok közötti távolság meghatározására szolgál. (Adott szelvényesik és fixpont közötti tulajdonképpen, azaz merőleges távolság értéke esetünkben egyenlő a poligonoldalmonti, általában ferde távolság vízszintes vetületével. Ez a merőleges távolság meghatározható, ha a szelvény síkját metsző poligon oldalnak a vízszintessel bezárt, vagyis dőlésszögét megmérjük.)

A 20 m hosszú, cm beosztással ellátott koordináta-zsinór belső szilárdító fémszálból és külső műanyagburkolatból áll.

A belső szilárdító fémszál 0,5 mm vastag acélhuzalból készült. Célja az, hogy kifeszítéskor a beosztott koordináta-zsinór megnyúlását csak csekély mértékben engedje meg.

A külső műanyagburkolat pedig olyan fehér, jól átvilágítható PVC cső, melynek falvastagsága 1,0 mm, belmérete pedig 0,5 mm, tehát szorosan illeszkedik a fémszálhoz.

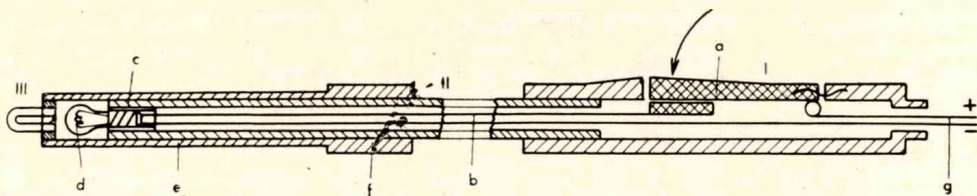
A kifeszített koordináta-zsinóron a szelvény síkjában a fotoprofilográf kollimátora által vetített sugárnyaláb világítja meg a dőféspontot. Mivel a műanyagburkolat vastagabb, mint a belső szilárdító fémszál, ezért az ilyen módon megvilágított, ill. nagyobb-részt átvilágított zsinóron a dőféspontot megjelölő fénypont bármely irányból jól látható. Ez a megoldás tehát alkalmas mind a dőféspont, mind pedig a fixpontoktól való távolság pontos és gyors meghatározására.

A számozóbot

A felvételek számozása a számozóbot segítségével történik (14. ábra).

A 40 cm hosszú számozóbot főbb részei a markolat (I.), a szár (II.), és a világító csúcs (III.).

A nagyobb keresztmetszetű hengeres markolatba érintőkapcsoló (a) van beépítve. Ez lehetővé teszi a világító csúcsot megvilágító fényforrás áramkörének gyors és kényelmes zárását, ill. megszakítását a szelvényjelölések megrajzolása közben.



14. ábra. A számozóbot vázlatos metszete. I: markolat, II: szár, III: világító-csúcs.

Fig. 14. Schematic section of the numbering stick. I: grip, II: shaft, III: luminous peak.

A szár a markolatba van beágyazva. Belsejében hosszirányú hengeres furat szolgál a csúcshoz vezető érpár (*b*) elhelyezésére. A szár csúcstelőli végére foglalat (*c*) van szerelve, amelyben közönséges zseblámpaizzó (*d*) helyezhető el. Ez világítja meg a világító csúcst, amely fehér, átvilágítható műanyagból készült. A világító csúcst hengeres tubus (*e*) csavarmenettel (*f*) rögzíti a szárhoz. E tubus elforgatásával, tehát tengelymenti elmozgatásával egyben a világító csúcs megvilágításának mértéke is szabályozható. Erre azért van szükség, hogy számozáskor a fényképezőgéptől való távolságtól függően minden esetben optimális vonalvastagságú jelöléseket lehessen leképezni.

A fényforrás táplálása a markolatból kiinduló 1,5 m hosszú vezetéken (*g*) keresztül zseblámpaelemből történik, amely zsebben hordható telepdobozban helyezhető el.

A fényképező berendezés

A fotoprofilográf által megvilágított szelvény lefényképezéséhez elvileg bármilyen modern kisfilmes fényképezőgép alkalmas, amennyiben olyan nagylátószögű optikával is rendelkezünk, amely a fényképező és a nagyítógépre egyaránt felszerelhető (VI. fejezet).

Ismert pontossággal azonban csak akkor dolgozhatunk valamely fényképezőgéppel, ha annak esetleges optikai, ill. mechanikus hibáit előzetesen meghatároztuk.

Barlangi fotogrammetrikus keresztzelvényezés céljaira gyakorlatilag fixen állványra szerelhető, tehát lehetőleg kisméretű fényképezőgép alkalmas. Szükséges, hogy a felhasznált berendezés fényzárja a felvétel ideje alatt állandóan nyitvatartható legyen. Beállítás szempontjából különösen előnyös, ha az alkalmazott fényképezőgép egyaknás tükörreflexes keresővel van felszerelve. A felvételeket célszerű nagyérzékenyséű filmre készíteni.

E cikk keretében bemutatott és már fotoprofilográf segítségével rajzolt felvételek Altix-fényképezőgép felhasználásával 25/10 DIN-es Agfa filmre készültek.

2. Kidolgozási eszközök

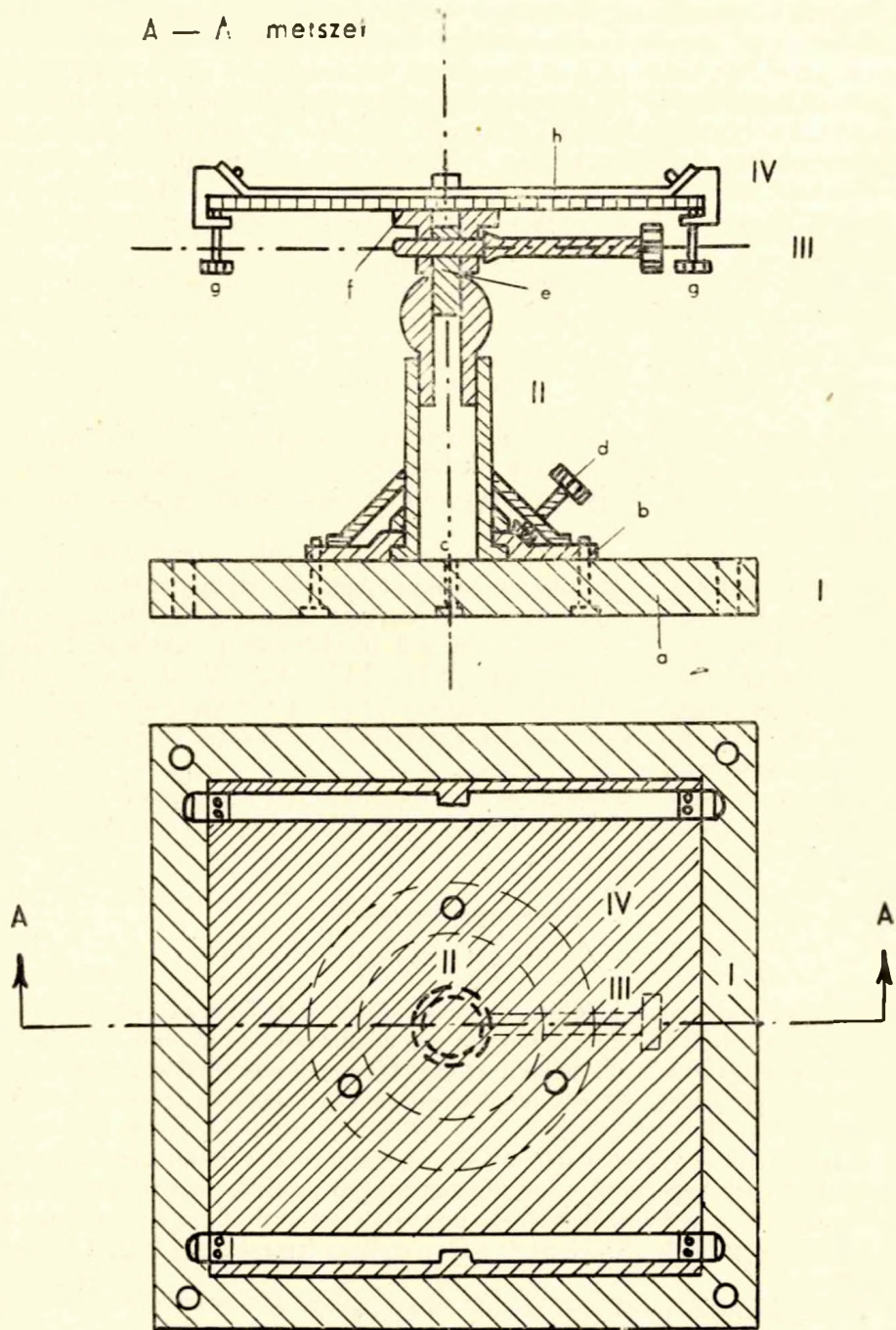
A transzformáló-asztal

A szelvényfelvételek kidolgozása transzformáló-asztallal és a felvételnél használt objektívvel felszerelt közönséges nagyító gép alkalmazásával történik (16. ábra). Az ilyen módon kiegészített, ill. átalakított nagyítóberendezéssel különböző méretű torz negatív képekből azonos méretre felnagyított méret- és alakhű pozitív szelvényképek készíthetők.

A képátalakítás végrehajtására a fenti készülékben a beépített transzformáló-asztal szolgál. Ennek képernyőjére rögzíthető a nagyító papír. A transzformáló-asztal a nagyító papír síkja térbeli helyzetének megváltoztatásával állítja elő ugyanazt a térbeli szögviszonyt, amely a szelvény és a fényérzékeny lemez síkja között a felvételkor fennállott.

A transzformáló-asztal négy részből áll (15. ábra):

- A) Müszertalp (I.)
- B) Állótengely (II.)
- C) Fekvőtengely (III.)
- D) Képernyő (IV.)



15. ábra. A transzformáló-asztal függőleges metszete és felülnézete (A-A metszet).
 Fig. 15. Vertical section (section A-A) and plan view of the rectifier stage.

A) A műszertalp négyzet alakú alsó talplemezből (*a*) és korong alakú felső talplemezből (*b*) áll.

Az alsó talplemez négy sarkán csavarok segítségével rögzíthető a transzformálóasztal a nagyítógép alaplapjához.

A felső talplemez anyáscsavarokkal van kapcsolva az alsó talplemezhez. Középpontjában hengeres persely (*c*) van kiképezve.

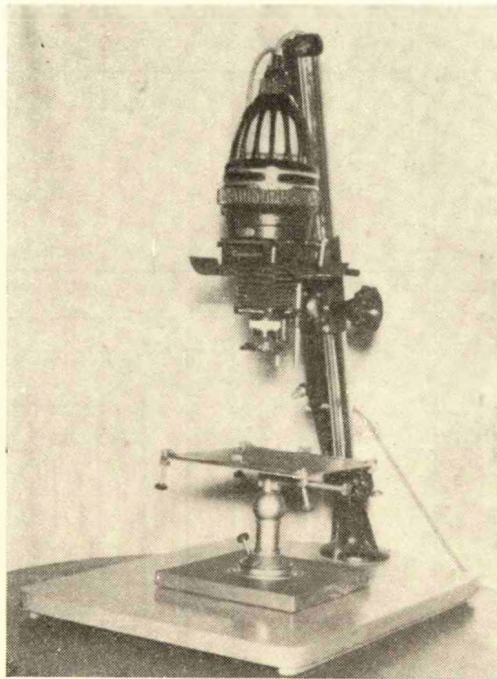
B) Az állótengely a képernyő vízszintes értelmű elforgatására szolgál. Alsó része a felső talplemez perselyébe van beágyazva. Rögzítése a palástjára hegesztett csomkakúp felületére erősített ferde állású *d*-kötőcsavarral surlódásos megtartással történik.

Az állótengely hosszanti irányban hengeres furattal van ellátva. Gömbalakúan kiképzett felső részének legfelső pontján ebbe a furathoz van fixen beágyazva a fekvőtengely megtartására szolgáló kengyel (*e*).

C) A fekvőtengely a képernyő függőleges értelmű elforgatását teszi lehetővé. E berendezésen egyszerűség kedvéért a fekvőtengely egyben a függőleges forgatást fixáló kötőcsavarul is szolgál (III.).

A fekvőtengely az állótengelyre szerelt és a képernyőről lelógó 2 db fordított L-alakú kengyel (*f*) hengeres perselyeibe illeszkedik. Ilyen módon kapcsolódik a fekvőtengely az állótengelyhez, ill. a képernyő a fekvőtengelyhez. A kötőcsavarul is szolgáló fekvőtengely teljes becsavarásakor a felső kengyelek a közrefogott alsó kengyelhez szorulnak, így a képernyő függőleges értelmű forgatása akadályozva van.

D) Az álló- és fekvőtengelyre felszerelt képernyő (IV.) síklemeze — a közel függőleges állásoktól eltekintve — a fentiek szerint bármely térbeli helyzetbe fixen beállítható. Ilyen módon van lehetőség a felületére függőleges optikai tengely mentén vetített torz negatív szelvényképek átalakítására. A képernyő felületére a fényérzékeny lemez rögzítése a *g*-rögzítőcsavarokkal felerősített *h*-szorítószalagokkal történik.



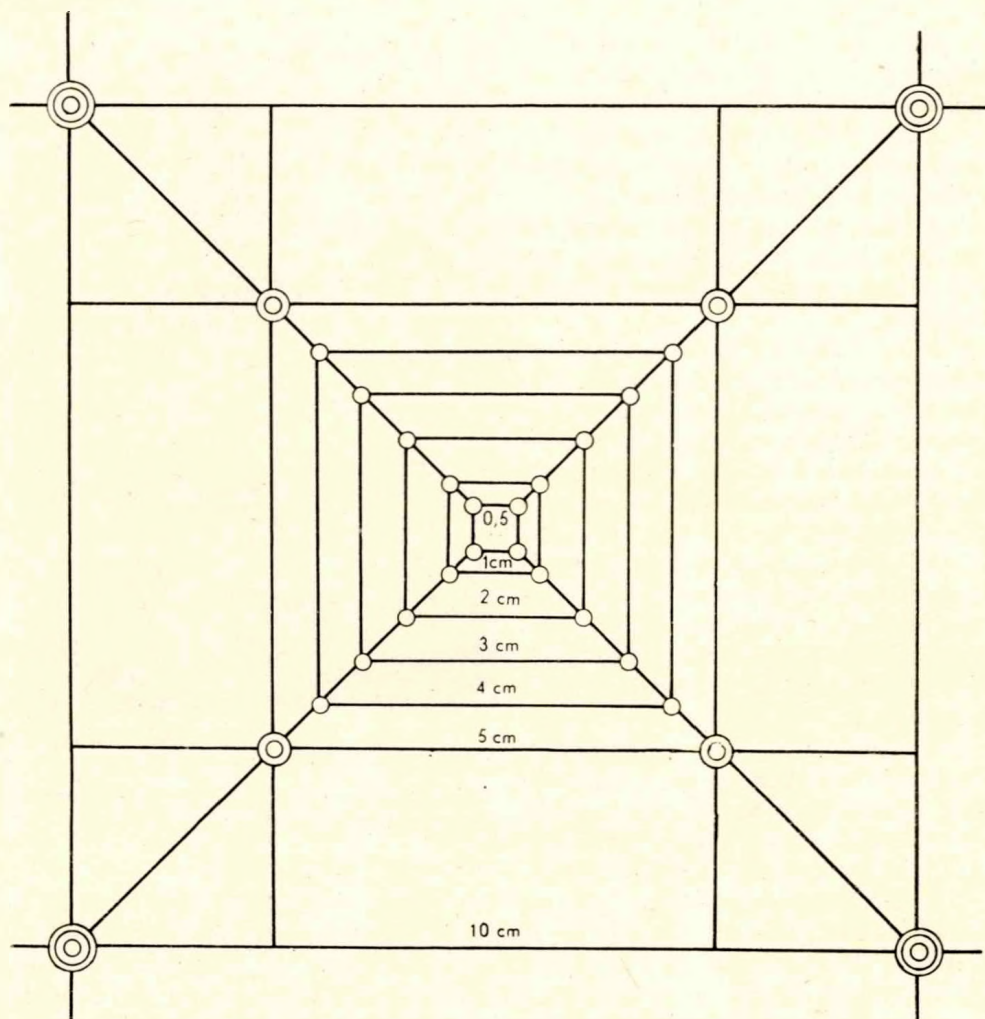
16. ábra. Transzformáló-asztallal felszerelt nagyítógép. (SZÁYER KORNÉL felv.)

Fig. 16. Enlarger equipped with transforming-stage. (Photo by KORNÉL SZÁYER.)

A bázissablon

A képátalakítás gyakorlati végrehajtása abból áll, hogy a transzformáló-asztal képernyőjét mindkét tengely mentén olyan állásba forgatjuk, amely helyzetben a felületére vetített szelvénykép perspektívikusan torzult pontnégyszöge éppen szabályos négyzet alakot vesz fel. A pontnégyszög képének pontos és gyors beállítására szolgál a bázissablon.

A bázissablon a nagyítópapírral azonos vastagságú vékony fehér celluloidlap,



17. ábra. A bázissablon.

Fig. 17. Base-pattern.

amelynek felületére különböző méretben pontazonosítás céljából közös centrummal pontnégyszögek vannak rajzolva (17. ábra). A sablonrajzon feltüntetett hét különböző méretű pontnégyszög közül általában a két legnagyobb 10 és 5 cm-es oldalhosszúságú négyzetek segítségével történik a tulajdonképpeni képátalakítás, vagyis a transzformáló-asztal képernyőjének beállítása. A belső öt négyzet pedig általában már csak méretazonosításra szolgál aszerint, hogy milyen méretarányú szelvényképre tartunk igényt. A képátalakítás végrehajtása pontossági szempontok miatt történik a két legnagyobb méretű négyzet segítségével (VI. fejezet).

A gyakorlatban legtöbbször az 5 cm-es oldalhosszúságú négyzet szolgál a képátalakításra és az 1 cm oldalhosszúságú négyzet használatos a méretazonosításra, ha közepes, tehát 50 cm-es oldalhosszúságú pontnégyszöggel történik a felvétel. Ebben

az esetben ugyanis 1:50-es méretarányú szelvényképek készíthetők. Ilyen méretarányban pedig a legtöbb magyarországi barlang szelvényképe 9x12 méretű nagyítópapírra dolgozható ki. A tapasztalat szerint ilyen körülmények között mutatkozik a fotogrammetrikus szelvény mérés a leggazdaságosabbnak (VI. fejezet).

Az illesztő-keret

A több részben felvett szelvényképek részletképeit a képátalakítás és az azonos, méretre hozás után szintén a pontnégyszög segítségével illesztjük össze. E feladat pontos kivitelezésére a kidolgozás során az illesztő-keret szolgál.

Az illesztő-keret igen egyszerű segédeszköz. Lényegében olyan síklemezből áll amelynek felületében 0,5 mm-es átmérőjű és 5 mm hosszú, felfelé álló tűhegyek vannak beágyazva különböző méretű négyzetek sarokpontjain. Segítségével az azonos méretarányban kidolgozott részletképek igen pontosan egymásra illeszthetők össze-ragasztásuk időtartamára.

V. A KERESZTSZELVÉNYEZÉS GYAKORLATI VÉGREHAJTÁSA

1. A felvétel menete

Valamely barlang, vagy barlangszakasz keresztshelvényeinek fotogrammetrikus felvételét – mint már említettük – meg kell előznie a hosszirányú poligonmérésnek, vagy legalább is a poligon vezetésre alkalmas fixpontrendszer kiépítésének, amennyiben hossz méréshez kapcsolt részletes és rendszeres keresztirányú mérést akarunk végezni. Részletesnek és rendszeresnek nevezzük a keresztshelvényezés műveletét akkor, ha a szelvények felvétele 1 m-enként, vagy ennél kisebb, de kb. azonos távolságokban történik. A felvétel menete a következő:

A poligon-oldal kijelölése

A) A szelvényezési jegyzőkönyv I. rovatába beírjuk a szelvény számát (18. ábra).

B) A mérendő szakaszon a koordináta zsinórt két szomszédos fixpont között 10 kg húzóerővel kifeszítjük.

C) A beosztás 0 pontját egyeztetjük a menetirány szerinti első fixpont mérési középpontjával.

D) A poligon-oldal jelölése céljából a fixpontok számát menetirány szerinti sorrendben feljegyezzük a szelvényezési jegyzőkönyv II. rovatába (18. ábra).

A szelvény sík kijelölése

A) A fotoprofilográfot felszereljük állványára.

B) A műszert az állótengely körül olyan helyzetbe forgatjuk, hogy a kollimátor optikai tengelye a járat hosszirányára közel merőleges legyen.

C) A talphüvelyt az állótengelyhez rögzítjük.

I. Szelvény száma	II. Poligon oldal jele:	III. A szelvénytűk koordinálása			IV. Szelvénytűk csapása : (°)	V. Alkalmazott pontnégyyszög oldalhossza (mm)	VI. Megjegyzés
		Dőféspont távolsága fixponttól (cm)	Poligon oldal vízszintessel bezárt szöge (°)*	Szelvénytűk távolsága fixponttól (cm)**			
1	A—B	0	5,3	0,0	180,0	500	
2	A—B	115	5,3	114,5	183,5	500	Felvétel részletekben a—b—c
3	A—B	202	5,3	201.1	170,0	1000	
4	B—C	93	8,7	91.9	172,5	500	
5	B—C	124	8,7	122,5	171,5	250	

* Meghatározása a sokszög vonal felvételénél történik.

** Számított kerekítendő értékek.

18. ábra. Rendszeres fotogrammetrikus keresztjelvényezési jegyzőkönyv sémája. I: A szelvények száma a felvétel sorrendjében. II: A poligon-oldal jelölése a fixpontok számával a haladási irány szerint. III: A szelvénytűket a dőféspontnak a haladási irány szerint vett első fixponttól való távolságával koordináljuk, 1 cm-es pontossággal. IV: A szelvénytűk csapásának értékét a csapásvonal É-i iránnyal bezárt szögével fejezzük ki. A leolvasás az É-i tővégen 0,5° pontossággal történik. V: Alkalmazott pontnégyyszög oldalhossza mm-ben. VI: A megjegyzés-rovatba a felvétel módjával kapcsolatos megjegyzések irandók.

Fig. 18. Scheme of the records of the regular photogrammetric survey of cross sections. I: Numbers of the cross sections in the order of surveying. II: Indication of the side of the polygon with the numbers of datum marks according to the direction of advance. III: The point of intersection is coordinated by determining its distance from the first datum mark in the direction of advance with precision of 1 cm. IV: The value of the trend of the cross section plane is expressed by the angle included between the latter and the direction to N. The reading on the northern end of the needle is effected with a precision of 0,5°. V: Side length of the applied point quadrangle in mm. VI: Under the heading „Notes”, the remarks concerning the procedure of surveying must be entered.

D) A fekvőtengely vízszintezése:

a) A baloldali Tumbler-kapcsolóval zárjuk a belső világítás áramkörét.

b) A talpcsavarok segítségével a fekvőtengellyel párhuzamos tengelyű csőlibella buborékját középre állítjuk, majd a belső világítást kikapcsoljuk.

E) A magassági kör elforgatásának dezorientálása:

a) A pecekszerkezet indexlemezét az irányító billentyűvel hátulsó állásba forgatjuk.

b) A hátrahúzott indexlemez rögzítjük a pecekszerkezet kötőcsavarjával.

F) Az alappont-jelölő szerkezeten a pontjelölést elcsavarással kiiktatjuk a sugárnyaláb útjából.

A felvétel lehetséges módjának meghatározása

A) A fotoprofilográf jobboldali Tumbler-kapcsolójával zárjuk a kollimátor fényforrásának áramkörét, meglazítjuk a magassági kör kötőcsavarját, ugyanakkor a fényképezőgépet felszereljük az állványára.

B) A kollimátort a szelvény egyik közepes távolságban levő kontúrponjtjára irányítjuk, majd a kondenzor-lencse tubusának szabályozásával az izzószál képét élesre állítjuk.

C) A fényképezőgép beállításának céljából a szelvénykontúrt a kollimátor lassú elforgatásával 360° terjedelemben pontról-pontra megvilágítjuk.

D) A fényképezőgéppel mindenképpel lehetőleg olyan álláspontot keresünk a szelvény bármelyik oldalán, ahonnan a szelvény teljes területére való rálátás egy meghatározott gépállás mellett is biztosítva van.

E) Ha ilyen álláspont nem található, akkor második lépésként az előbbi vagy egy másik állásponton két, vagy több gépállás mellett egymást átfedő részletekben próbálunk rálátást találni a szelvény teljes területére, oly módon azonban, hogy a részletfelvételek az átfedések területén külön-külön a tervezett méretű pontnégyszöget is tartalmazzák.

F) Ha a fenti felvételi lehetőség sem áll fenn, akkor a teljes szelvény részletekben való felvételére két vagy több álláspontot kell keresni, akár a szelvényt is mindkét oldalán is.

G) Amennyiben így sem értünk célt, akkor eredményre vezethet olyan megoldás, ha az előbbi vagy más álláspontok összességén különböző gépállásokat veszünk fel.

H) Végül csakis akkor elégedhetünk meg többé vagy kevésbé hiányos szelvényképpel, ha a kipróbált részletfelvételi variációk azért nem megfelelőek, mert részletekben sem lehet rálátni a felvenni kívánt kontúrvonal minden egyes pontjára. Ha ugyanis csak azért nincs mód teljes felvételre, mert a pontnégyszöget nem lehet bevinni minden részletképbé, akkor a fotoprofilográf állásának kedvezőbb megválasztásával, ill. kiegészítő átfedéses megoldással még közel azonos síkban is lehetőség nyílik 100%-os felvételre. Az első esetben azonban természetesen még egyszer el kell végezni a szelvényt is kijelölését.

I) A szelvényezési jegyzőkönyv megjegyzés (VI.) rovatában megjelöljük a felvétel lehetséges módját (18. ábra).

A szelvényt is térbeli helyzetének meghatározása

A) A menetirány szerinti első fixpont és a szelvényt is dőféspontja közötti távolság megállapítása:

a) A kollimátort a kifeszített koordináta-zsinórra irányítjuk, majd a magassági kört a fekvőtengelyhez rögzítjük.

b) A leképezett izzószál képét a zsinóron élesre állítjuk.

c) A megvilágított zsinórszakasz középpontjában (vagyis a tulajdonképpeni dőféspontban) leolvassuk a menetirány szerinti első fixponttól való távolságot 1 cm-es pontossággal, majd a világitást kikapcsoljuk.

d) A leolvasott távolságot a jegyzőkönyv III. rovatában cm-ben kifejezve rögzítjük (18. ábra).

- B) A függőleges szelvényes csapásának meghatározása:
- Bekapcsoljuk a belső világítást.
 - A kompasz aretáló csavarjával a mágnesűt dezaretáljuk.
 - A mágnesű É-i végén leolvassuk a szelvényes csapásának az É-i iránnyal bezárt szögét $0,5^\circ$ pontossággal, majd aretálunk és megszüntetjük a belső világítást.
 - A leolvasott csapásértéket a jegyzőkönyvben a IV. rovatban rögzítjük (18. ábra).

A felvétel végrehajtása

- A) A fotoprofilográf beállítása a tulajdonképpeni felvételre :
- Az orientációs berendezés indexlemezének vízszintezése céljából az elől álló talpcsavarak segítségével a fekvőtengelyre merőleges csőlibella buborékját is középre állítjuk, ugyanakkor ellenőrizzük a másik libella buborékjának helyes állását is.
 - Az alappont-jelölő szerkezet teleszkópcsővén beállítjuk azt a legnagyobb féltárlót, amely 360° -os elforgatáskor adott szelvény adott helyén elfér.
 - A kollimátor belső csőrendszerének forgatótárcsájával az izzószál képét a szelvény méretétől, a fal helyzetétől, érdességétől és színétől függően vízszintes, ferde, vagy függőleges szögállásba forgatjuk.
 - A kollimátort függőlegesen lefelé irányítjuk.
- B) A fényképezőgép beállítása a tulajdonképpeni felvétellel.
- Az állványra szerelt fényképezőgéppel felállunk azon az állásponton, ill. álláspontokon, ahonnan meghatározott gépállás, ill. gépállások mellett a felvenni kívánt szelvény területe teljes egészében, vagy részben a pontnégyszöggel együtt látszik. A további műveleteket tehát természetesen minden egyes teljes vagy részletfelvétel esetében el kell végezni.
 - Beállítjuk a távolságot és a fényrekeszt, majd az időállító gyűrűt T-állásba forgatjuk.
 - A keresőbe tekintve a szelvény kontúrvonalának gyors megvilágítása mellett megegyezően beállítjuk a már kikeresett optimális gépállást, majd a kollimátort függőlegesen lefelé irányítjuk és megszüntetjük a belső világítást.
 - Az exponáló szerkezetet felhúzzuk, majd kioldószinórral exponálva a fényzárt kinyitjuk, a felvétel egész időtartamára.
- C) A szelvénykontúr és a dőféspont megvilágítása. (Ezt a műveletet többrészes felvételnél minden egyes részletnél külön el kell végezni.)
- Bekapcsoljuk a kollimátor világítását.
 - A műszer mögött állva a kollimátort az óramutató járásával megegyezően átlag 1 perc alatt 360° -kal elforgatjuk. Mindez a szelvény alakjának, valamint a fal helyzetének, érdességének és színének megfelelően változó sebességgel történik. Szükség esetén menetközben is állítjuk az izzószál képének élességét, ill. szögállását a kondenzor lencse tengely menti elmozgatásával, ill. a belső csőrendszer tengely körüli elforgatásával.
 - A kontúr- és dőféspont-megvilágítás után a világítást kikapcsoljuk és az objektívet fényvédő kupakkal takarjuk le.
- D) A pontnégyszög megvilágítása:
- A pontjelölést beforgatjuk, ill. beállítjuk a kollimátor optikai tengelyvonalába és a kondenzor lencse, vagy a kollimátor belső csőrendszerének szabályozásával a

sugárnyaláb vastagságát a pontjelölés méretére szűkítjük. Ezt követően a pecekszerkezet kötőcsavarját meglazítjuk és ezáltal az indexlemez első állásba ugratjuk.

b) Az objektívről a fényvédő kupakot leemeljük.

c) Egymás után négyszer elvégezzük az alábbi műveletet: A kollimátort az óramutató járásával ellenkező irányban ütközésig elcsavarjuk. A pontjelölést a kollimátor fényforrásának bekapcsolásával átlag 3 másodpercnyi időtartamra megvilágítjuk.

d) A jegyzőkönyv V. rovatába feljegyezzük az alkalmazott pontnégyszög oldalhosszát (18. ábra).

E) A felvétel számozása:

A számozóbotlal a szelvény síkjában a jegyzőkönyvileg is rögzített számot berajzoljuk. Többrészes felvételnél az egyes felvételeket azonos számmal és különböző betűjelzéssel látjuk el.

F) A fényképezőgép fényzárját zárjuk és a filmet továbbítjuk.

2. A kidolgozás menete

A szelvényfelvételek – mint már említettük – közönséges 35 mm széles negatív filmtekercsre készülnek. A kidolgozás a negatív filmről a transzformáló-asztallal és a felvételi objektívvel felszerelt nagyítógép segítségével kemény pozitív nagyítópapírra történik.

A kidolgozás menete a következő:

A képátalakítás végrehajtása

A) A felvett szelvények képeit tartalmazó negatív filmtekercsnek kidolgozni kívánt felvételét a nagyítógép megfelelő helyén üveglemezek közé szorítva rögzítjük.

B) A transzformáló-asztal képernyőjét közel vízszintes helyzetbe állítjuk.

C) A felvétel képét a képernyőn élesre állítjuk.

D) A bázissablont a szorítószalagok segítségével a képernyő felületére rögzítjük. Ez a művelet oly módon történik, hogy a sablonnégyzetek középpontja közel egybeesik a kivetített szelvénykép perspektívikusan torz pontnégyszöge átlóinak metszéspontjával. Ugyanakkor biztosítani kell azt is, hogy a sablonnégyzetek tetszőleges két szemben fekvő oldala párhuzamos legyen a transzformáló-asztal fekvő tengelyével.

E) A vetített pontnégyszöget – a negatívra leképezett méretétől függően – közelítőleg felnagyítjuk a képátalakítás végrehajtására alkalmas 5 vagy 10 cm-es oldalhosszúságú sablonnégyzet méretére.

F) A vetített és perspektívikusan torz pontnégyszög két egymás mellett, de egymástól legtávolabb fekvő pontját beállítjuk a képátalakítás végrehajtására kiválasztott sablonnégyzetnek a fekvőtengellyel párhuzamos egyik oldalán áthaladó egyenes vonalra. A beállítás a képernyőnek az állótengely körül való elforgatásával, ill. a bázissablon önmagával párhuzamos elmozgatása mellett oly módon történik, hogy a vetített pontnégyszög átlóinak metszéspontja továbbra is közel egybeesik a sablonnégyzetek középpontjával.

G) A sablon fenti egyenesére illesztett két vetített pontot egyeztetjük az egyenesen fekvő négyzetoldal sarokpontjaival. Ez a művelet a vetített pontnégyszög méretének finom szabályozásával, valamint a sablon csekély mértékű, önmagával párhuzamos elmozgatásával végezhető el, majd a vetített pontok képét élesre állítjuk.

H) A vetített torz pontnégyyszög másik két perspektívikusan közelebb eső pontját a kiválasztott sablonnégyzet szemben fekvő oldalán áthaladó egyenes vonalra illesztjük a képernyőnek a fekvőtengely mentén való elforgatásával. Ezzel a vetített és perspektívikusan torz pontnégyyszöget párhuzamos oldalakkal rendelkező közel rombusz-alakú pontnégyyszöggé alakítottuk át. A képernyőt a fekvőtengely mentén olyan irányban kell elforgatni, hogy a szóban forgó sablonnégyzetnek az az oldala kerüljön távolabb az objektív optikai középpontjától, amelyen áthaladó egyenesre az illesztés éppen történik.

I) A képernyőnek az állótengely körül való elforgatásával a vetített közel rombusz-alakú pontnégyyszöget szemmérték szerint közel négyzet alakúra alakítjuk át. Ez csak úgy érhető el, ha a képernyőt az állótengely mentén olyan irányban forgatjuk el, amelyik irányban a sablonpontok a vetített pontokhoz képest fekszenek. A képernyőnek állótengely menti elforgatásával azonban a sablon is elfordul a vetített pontnégyyszög képéhez képest.

J) A vetített pontnégyyszögnek négyzet alakra való pontos beállítása a fentiek miatt a továbbiakban már próbálgatással történik: A bázissablon visszaforgatása után a kb. négyzet alakúra beállított vetített pontnégyyszög pontjait a sablonnégyzet sarokpontjaival közelítőleg egyeztetjük. Ezután a vetített pontnégyyszög méretének finom szabályozásával, a képernyőnek az álló és fekvőtengely körül való finom elforgatásával, valamint a bázissablon csekély mértékű elmozgatásával pontosan egyeztetjük a vetített és sablonpontokat.

K) A képátalakítás végrehajtása után a transzformáló-asztal képernyőjét az adott állásban rögzítjük.

L) Kiegészítő megoldás esetén a pontnégyyszög nélküli részletkép átalakítása a következőképpen történik:

a) A csatlakozó és pontnégyyszöget tartalmazó negatív részletfelvételtől megfelelő képátalakítással két különböző pozitív kép készítenőd. Elő kell állítani egyrészt a kívánt végleges méretű teljes pozitív részletképet, másrészt készíteni kell e felvétel átfedési részéből olyan méretű nagyított pozitív képet is, amilyen nagyításban e felvételt átalakítottuk.

b) A csatlakozó részletfelvétel átfedési részének pozitív képét a transzformáló asztal képernyőjére rögzítjük.

c) A pontnégyyszög nélküli részletfelvétel képét kivetítjük a képernyőre. Méretének szabályozásával, valamint a transzformáló-asztal képernyőjének vízszintes, ill. függőleges tengely mentén való elforgatásával és a csatlakozó pozitív képrészlet megfelelő elmozgatásával a pontnégyyszög nélküli részletfelvétel kontúrvonalának átfedési szakaszát egyeztetjük a csatlakozó pozitív kép kontúrvonalának megfelelő átfedési szakaszával.

d) A képátalakítás ilyen módon való végrehajtása után a transzformáló-asztal képernyőjét az adott állásban rögzítjük.

A méret beállítása

A) A pontnégyyszöget tartalmazó részletkép alappontjait a transzformáló-asztal képernyőjének rögzített állása mellett a sablon kívánt méretű négyzetének sarokpontjaival egyezésbe hozzuk. Az egyeztetés a pontnégyyszög négyzet alakú vetített képének megfelelő mértékű lekicsinyítésével történik.

B) A pontnégyyszög nélküli részletfelvétel kontúrvonalának átfedési szakaszát a csatlakozó végleges méretű teljes pozitív képrészlet átfedési kontúrvonal szakaszával egyeztetjük méretének megfelelő lekicsinyítésével.

A pozitív kép elkészítése

A képátalakítás és méretre hozás után a fényrekeszt az átalakítás mértékének megfelelően leszűkítjük. A képernyő felületére a bázissablon helyére pozitív nagyítópapírt helyezünk. Megfelelő ideig tartó megvilágítás, előhívás és fixálás után a kívánt méretű, méret- és alakhű szelvénykép, ill. részletkép birtokába jutunk.

A szelvénykép összeillesztése

A) Amennyiben részletekben készült a szelvénykép, akkor a fentieknek megfelelően az illesztés az alábbi két módon történik:

a) Ha részletképek mindegyike tartalmaz pontnégyyszöget, akkor az alappontok képét az illesztőkereten beágyazott tühegyekkel azonos keresztmetszetű tűvel átszúrjuk és a részletképeket rendre az illesztőkeret megfelelő méretű tünégyszögébe süllyesztjük. A részletképek egymásrahalmozása közben az egyes képekből a szükségtelen részeket kivágjuk. Az illesztőkereten egymás fölé rögzített képeket összeragasztva a felvett szelvény teljes pozitív képét nyerjük.

b) Ha valamelyik részletkép nem tartalmaz pontnégyyszöget, akkor ezt a pontnégyyszöget tartalmazó csatlakozó részletképhez az alábbi módon kapcsoljuk: a megfelelő átfedési kontúrvonal-szakaszon kiválasztunk legalább 2-2 jellemző töréspontot. E pontokat tűvel átszúrjuk, majd a megfelelő pontokat gombostűk segítségével parafalapon egymás fölé rögzítjük. E művelet közben a szükségtelen részeket szintén eltávolítjuk, majd a részletképeket összeragasztjuk. Gondos munka esetén ilyen módon is a módszertől megkívánt pontossággal készíthetjük el valamely felvett szelvény teljes pozitív képét.

VI. A PONTOSSÁGI VISZONYOK VIZSGÁLATA

A fotogrammetrikus keresztshelvényezés alkalmazásának egyik alapvető feltétele, hogy elérje azt a pontosságot, amelyre a shelvények felhasználásánál szükség van. Ezért tisztázni kell a felhasználási területeken felmerülő pontossági igényeket, majd meg kell vizsgálni azt, hogy a módszer jelen formájában mennyire megbízható, azaz milyen pontossággal használható.

A barlangüregekről felvett keresztshelvények felhasználása meglehetősen széleskörű, azonban, mint láttuk, általában két fő csoportra osztható:

- A) szpeleometriai felhasználás és
- B) szpeleológiai felhasználás.

A) *Szpeleometriai felhasználáson* a shelvények által szolgáltatott adatoknak a barlangtérképezésen belüli alkalmazását értjük. A shelvényekről ugyanis olyan méretek vehetők le, amelyek elsősorban a barlang térképének, tehát vetületi alaprajzának elkészítésénél használhatók fel. A vetületi alaprajz a barlangüregek vízszintes síkon nyert

ortogonális vetülete, ami a barlangtérképen az üreg kontúrvonalaként jelentkezik. A cél az, hogy a helyettesítő, azaz a szelvényekből kapott méretek pontossága megegyezzen az effektív elvégzett eddigi távolságmérések pontosságával, ill. a barlangtérképeken megkívánt pontosságnak megfelelően. A vetületi alaprajz pontossága eleve nem lehet nagyobb, mint a szerkesztés elérhető legnagyobb pontossága. Tekintve, hogy a távolságok térképi felrakása – részletmérési adatokról lévén szó – egyszerű léptékes vonalzóval történik, a rajzolás, ill. a térkép legkedvezőbb középphibája sem lehet $\pm 0,2$ mm-nél kisebb. Barlangtérképeink optimális méretaránya $M = 1:200$, amiből nyilvánvaló, hogy a szerkesztés bizonytalansága ez esetben a természetbeni távolságok ± 40 mm-es középphibájú mérését engedi meg.

Lényegében ugyanez a helyzet, ha a keresztshelvényekből a barlang függőleges síkra vetített hosszvetületét kell elkészíteni. A barlangi felméréssel és térképezéssel kapcsolatban álló egyéb műveletek (talajidomvonalak szerkesztése, makett készítés, stb.) pontossági igényei lényegesen kisebbek a fentiekben megadott értékeknél, ezért összefoglalva megállapítható, hogy ha a szelvényekről nyert adatoknak ± 40 mm-es középphibájú meghatározása lehetséges, a módszer elfogadható.

B) *Szpeleológiai felhasználáson* lényegében a szelvényről nyerhető adatoknak speciális barlangtudományi szempontok alapján történő alkalmazását értjük. Főleg morfológiai, tektonikai, hidrológiai jellegű vonatkozások állapíthatók meg egy-egy szelvénytörzsből. Mindez általában barlanggenetikai szempontból jelentős. Az igényelt pontosság ezen a téren – mint láttuk – 1 hibaszázalék, tehát átlagos méretű szelvényeket figyelembe véve lényegesen kisebb, mint a szpeleometriai szempontok alapján megállapított pontossági igény.

A fotogrammetrikus szelvényező módszer pontossági vizsgálatát két fő szempontra kell kiterjeszteni:

1. Foglalkozni kell a szelvénytérkép térbeli rögzítésének pontosságával, azaz a felvenni kívánt szelvénytérkép kijelölésével kapcsolatos műveletek pontosságának vizsgálatával.
2. Megvizsgálandó magának a felvett szelvényrajznak a megbízhatósága, azaz a szelvény bármely két tetszőleges kontúrponóját összekötő távolság meghatározásának pontossága.

1. A szelvénytérkép térbeli rögzítésének pontossága

A szelvénytérkép térbeli rögzítése a sík csapásának meghatározásából, függőlegesítéséből, dőléspontjának kijelöléséből ill. tájolásából áll.

A szelvénytérkép csapását a fotoprofilográfba beépített kompasz segítségével határozzuk meg. A kompasz leolvasási pontosságának olyannak kell lennie, hogy a szelvény térképre való felrakása, ill. a térképezésnél a csapásvonal felhordása a felvételi lapra a szerkesztési pontosságon belül történhessen. Láttuk, hogy a szerkesztés gyakorlatilag $\pm 0,2$ mm-es középphibával történhet. $M = 1:200$ optimális méretarány mellett ez $\varepsilon = \pm 120$ mm-es maximálisan tűrhető hibát jelent a természetben. $S = 10$ m-es átlagos barlangfolyosó-szélesség mellett a megengedett legnagyobb szöghiba (19. ábra):

$$\varepsilon_{\varphi} = \arctg \frac{2 \cdot \varepsilon}{S}$$

ami közel $1,5^\circ$ -ot tesz ki. (A képlet szigorúan csak a szelvénytérképre merőleges bar-

langfalak és a szelvény súlypontjában álló műszer esetére érvényes.) Ebből az következik, hogy a fotoprofilográf kompaszán a félfokos leolvasási határérték teljesen megfelelő.

A szelvénytől dőlésszögét 90 foknak vettük fel, azaz a szelvényt éppen függőlegesen kell kijelölni. A függőlegesítés a műszer fekvőtengelyével párhuzamos csőlibella vízszintezésével történik 1' érzékenyséű libellával. Ha a műszer hibátlan, akkor a szelvény függőlegessége is biztosítva van hasonló érzékenységgel. A megkívánt pontosság a jelen esetben is az előzőkhöz hasonló módon számítható. Az igényelt pontosságot a műszer messzemenően kielégíti.

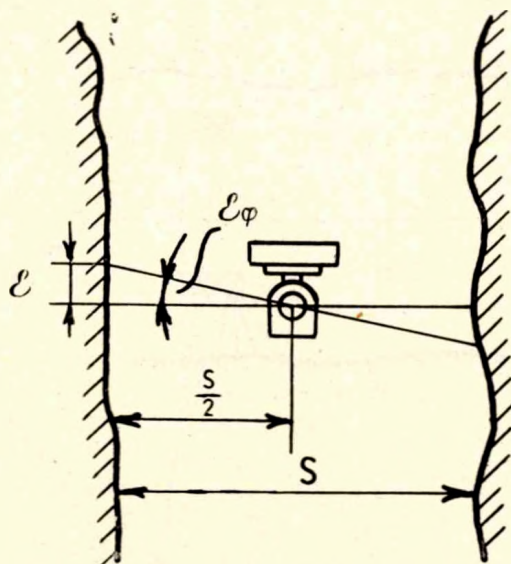
Abban az esetben, ha esetleg tengelyferdeség áll fenn, azaz a fekvőtengely nem pontosan vízszintes, a vetített szelvény sem lesz függőleges. A műszer megvizsgálása úgy történik, hogy magas falra egy felső és egy alsó pontra vetítjük a fénysugarat. Ha a két pont egy függőlegesbe esik, a műszer hibátlan. Ellenkező esetben a műszert igazítani kell.

Amennyiben a fotoprofilográf fekvőtengelye nem pontosan merőleges az optikai tengelyre, kúpos fényvetítés jön létre, s ez hibát okozhat a szelvény függőleges kijelölésében, ha a műszer nem az üreg középpontjában áll, vagy ha a barlangjárat határfelülete kis távolságon belül aszimmetrikusan változik (20. ábra). A műszer ilyen értelmű megvizsgálását a későbbiekben fogjuk ismertetni.

A szelvény kapcsolása a poligonhoz a barlang felmérése során a koordináta-zsinór segítségével reprodukált poligon oldalak a szelvény síkjában megvilágított dőféspontja segítségével történik. A dőféspont kijelölése, ill. meghatározása szintén a szerkesztési pontosságon belül kell, hogy történjék. A dőféspont kijelölését a valóságban 1 cm-es pontossággal végezzük el. Ez a pontosság a szerkesztés szempontjából teljesen kielégítő.

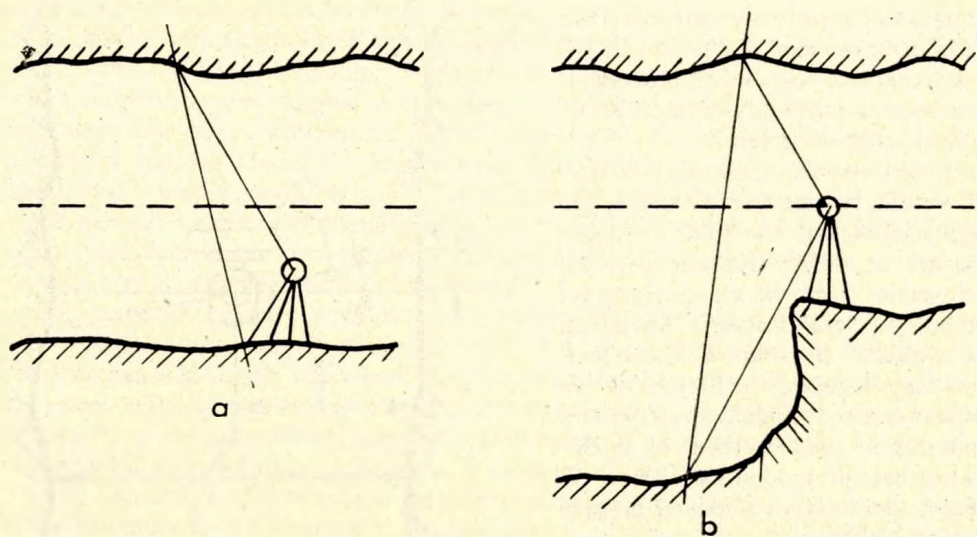
A felvételen a vízszintes, ill. függőleges irányokat a pontnégyzög párhuzamos oldalai jelölik ki. Az irányok pontos kijelölését mindenekelőtt a műszer szabatos szerkesztése teszi lehetővé. A műszer vízszintezése után a tájolás 1' érzékenységgel történhet meg, ami a célnak teljesen megfelelő. A pontnégyzög méreteit közvetlen le-méréssel lehet ellenőrizni.

Az alappont-jelölő szerkezet teleszkópcsöve azonban nem teljesen merev és így a cső saját súlya és a pontjelölés súlya miatt különböző állásokban különböző mértékben lehajlik s a műszer szabatos működtetése esetén is négyzet alakú pontnégyzög helyett közel trapéz alakú pontnégyzöget kapunk. Ez a hiba zavarhatja a tájolást, befolyásolhatja a képátalakítást és a pontos méretrehozást is megnehezítheti. Ez a



19. ábra. A megengedhető maximális szöghiba levétele a szelvénytől csapásának meghatározásánál.

Fig. 19. Deduction of the largest admissible angular error in the determination of the end of the cross section plane.



20. ábra. A kúpos fényvetítésből eredő függőlegesítési hiba két esete. *a*: ha a műszer nem az üreg középpontjában áll, *b*: ha a műszer az üreg középpontjában áll, de a barlangjárat határfelülete kis távolságon belül aszimmetrikusan változik.

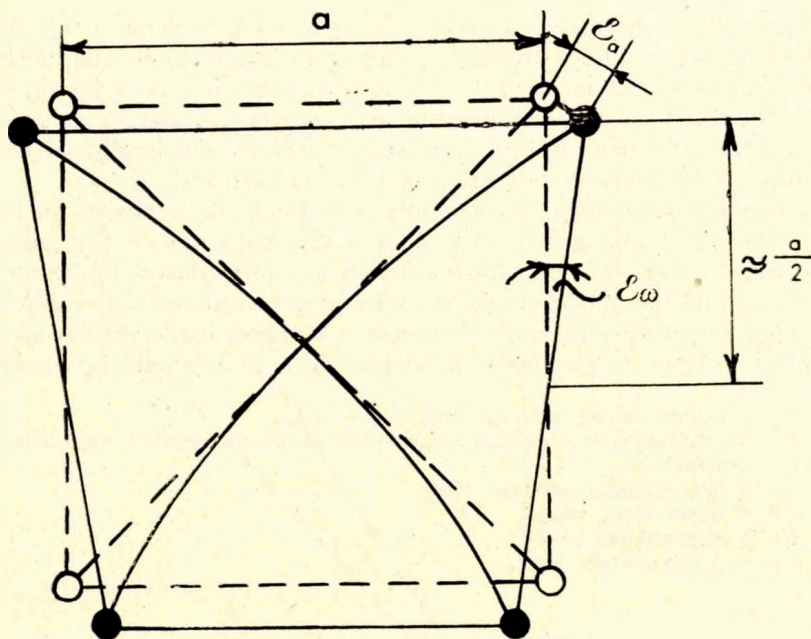
Fig. 20. Two alternatives of the verticalizing error deriving from the projection of light cone. *a*: when the instrument stands apart the centre of the cavity, *b*: when the instrument stands in the centre of the cavity, but the boundary surface of the cave gallery changes asymmetrically within small distances.

hiba kedvezőtlen esetben eléggé jelentős mértékű lehetne. A hiba fellépésének határt szab azonban az, hogy az ütközőcsapoknak megfelelő csekély mértékű ellentett helyzetű trapéz-alakra való beállításával ± 2 mm-es pontossággal kompenzálható a pontnégyszög lehajlásból eredő torzulása. Ez a szélső esetben ± 2 mm-es maximális hiba az $a = 1000$ mm-es oldalhosszúságú pontnégyszög esetén (21. ábra):

$$\epsilon_{\omega} \approx \text{arc tg } \frac{\sqrt{2} \cdot \epsilon_a}{a}$$

képlet szerint 9–10 perc szöghibát eredményez. Ez a képlet adja közelítően a tájolás maximális hibáját, ahol ϵ_a a pontjelölés beállítási hibája, a pedig a pontnégyszög oldalhosszúsága. A tájolás szöghibáját (ϵ_{ω}) összehasonlítva a csapásmeghatározásnál levezetett (ϵ_{φ}) megengedett szöghibával, megállapítható, hogy a tájolás hibája annál lényegesen kisebb, tehát a pontjelölés megfelelő pontossággal állítható be a kívánt méretű pontnégyszög sarokpontjaira.

A teleszkópcső lehajlásából eredő hiba kompenzálása után is megmaradó maximálisan ± 2 mm-es bizonytalanság miatt a pontnégyszög kismértékben még trapéz alakot mutathat. A szelvényekben a kívánt négyzet helyett ilyen módon létrehozott hibás trapéz alakot a képátalakítás során négyzetté alakítjuk s ezzel a képátalakítás szögében is követünk el bizonyos csekély hibát, ami megnövekedve a szelvényre is kihat. A képátalakítás szöghibáját azonban – a részletesebb vizsgálatok közlésének mellőzésével – közel egyenlőnek vehetjük a tájolás szöghibájával és ezért a fenti körülmény a megkívánt pontosságot nem befolyásolja zavaróan.



21. ábra. A teleszkópcső lehajlásából származó tájolási (orientációs) hiba számítása.
 Fig. 21. Calculation of the orientation error deriving from the inclination of the telescope.

Ugyancsak elhanyagolható a pontjelölés beállítási bizonytalanságából származó hiba hatása a méretrehozásnál is, hiszen a feldolgozás méretarányában a hiba hatása a 0,2 mm-es szerkesztési pontosságon belüli értékkel jelentkezik csupán. A tájolás hibáinak, ill. a pontnégyszög hibás alakjának megállapítása teodolit segítségével kellő pontossággal elvégezhető, a pontnégyszög oldalainak a műszer vízszintes és függőleges irányzálaival történő összehasonlításával.

2. A kontúrponatok közötti távolság meghatározásának pontossága

Vizsgáljuk meg, hogy a rögzített pontossági igények kielégítésére a gyakorlatban milyen lehetőségeink vannak. Hazai barlangjaink átlagos szelvénymérete a 10x10 m-es területnél nem nagyobb. Lényegében tehát ilyen méretű szelvény leképezése kell, hogy megtörténjék a kisfilmes fényképezőgép 24x36 mm-es képnagyságára. Durva közelítéssel a képet 20x20 mm-esnek feltételezve az átlagos kicsinyítés 500-szorosnak vehető. A negatívról így levehető távolságok meghatározása $\pm 0,2$ mm-es középhibával történhet, ami ± 100 mm-es természetbeni középhibát jelent a megengedhető ± 40 mm-rel szemben. Ezért sem lehet a negatívról közvetlenül méreteket levenni, hanem azt fel kell nagyítani annyira, hogy a kicsinyítés csupán kb. 100-szoros legyen. Természetesen ez a kb. ötszörös nagyítás csupán kedvezőbb mérési feltételeket teremt, azonban a pontosságot jelentős mértékben nem növelheti, mivel a nagyítás során a felvételt terhelő hibákat is felnagyítjuk, nem beszélve arról, hogy maga a nagyítás is újabb hibákkal terheli a felvételt.

Az egyes adatok meghatározásának $\pm 0,2$ mm-es középhibája $\pm 0,5$ – $0,6$ mm-es maximális hibát jelent. Ebből következik, hogy a meghatározó elemek, tehát a pont, vagy vonal képe maximálisan az $1,0$ – $1,2$ mm-es vastagságig, ill. átmérőig fogadható el, tekintettel arra, hogy ezek középvonala, ill. középpontja felezéssel még jól meghatározható. Elvileg tehát az igényelt pontosság a felvétel kidolgozásánál betartható, sőt a feldolgozás körülményei még kedvezőeknek is mondhatók.

Az elmondottak azonban arra az esetre érvényesek, ha a felvétel hibátlan. Feltehetően szükséges megvizsgálni azt is, hogy a kép maga nincs-e a megengedettnél nagyobb, megelőzőleg elkövetett hibával terhelve. Ezért a felvétel elkészítése és kidolgozása során fellépő hibalehetőségeket sorra meg kell vizsgálnunk abból a szempontból, hogy a fentiekben rögzített ± 40 mm-es középhibát a felvétel az adott méretarányban túl ne lépje. A jelentősebb hibalehetőségek az alábbiakban sorolhatók fel:

- A) A vetített fénysáv szélessége által okozott hiba.
- B) Az alappontok és a szelvény síkjának párhuzamos eltéréseiből eredő hiba.
- C) Lencsehibák.
- D) A fényképezőgép szerkezeti hibái.
- E) A negatívanyag hibái.
- F) A képátalakítás hibái.
- G) A pozitív-készítés hibái.

A vetített fénysáv szélessége által okozott hiba

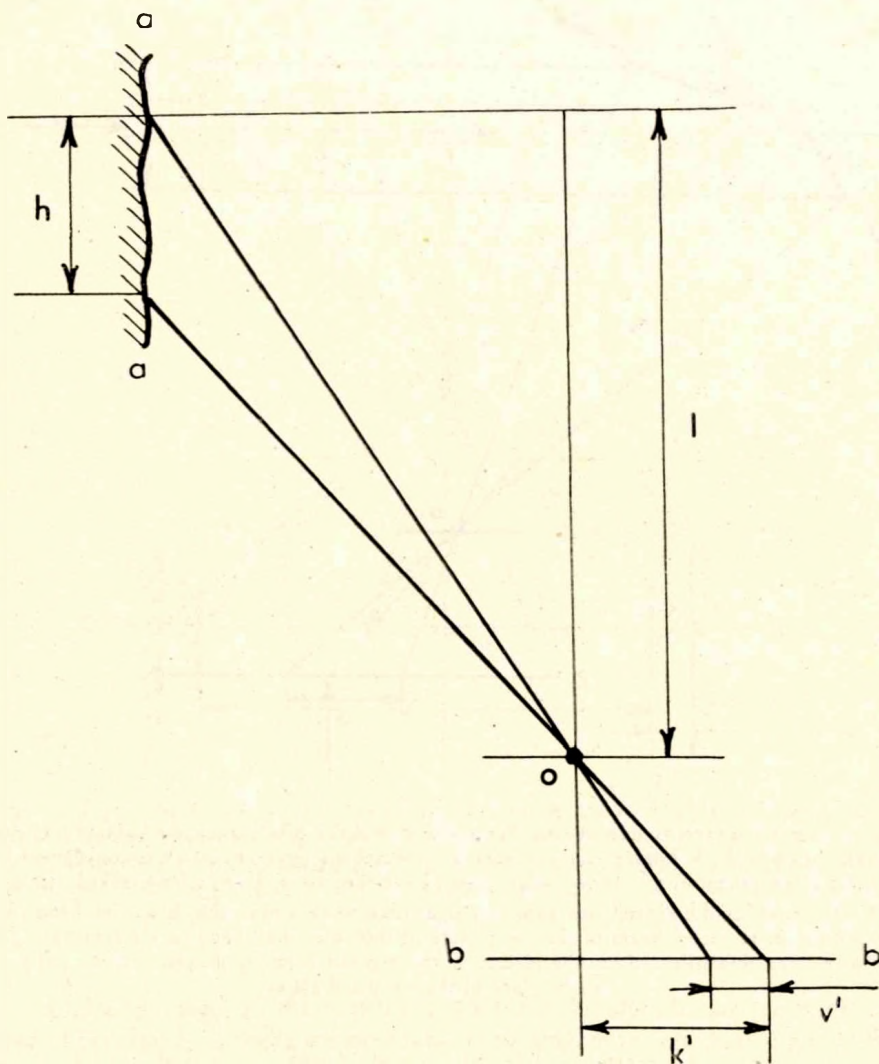
A vetített fénysáv szélessége több tényezőtől függ: a beállítástól, a barlangfal és a vetítőberendezés távolságától, a vetítési fénysugár beesési szögétől, a szelvénytől és fényképezőgép távolságától stb. A negatívon jelentkező fénysáv szélessége ezenkívül függ még a kollimátor körülforгатásának sebességétől, a filmanyagtól, a fényerősségtől stb. Ezeket a tényezőket a gyakorlatban könnyűszerrel meg lehet változtatni oly módon, hogy az a feldolgozást legjobban elősegítse. Csupán arra kell figyelmet fordítani, hogy a fénysáv szélessége a felvételen a megfelelő kinagyítás után se lépje túl a maximális $1,2$ mm-es vastagságot. A 22. ábra alapján, ha a barlangfal a szelvény síkjára közel merőleges, a megengedhető maximális fénysáv szélesség (h) értéke:

$$h = l \cdot \frac{v'}{k'}$$

ahol l a szelvénytől az objektív mért távolsága, v' a fénysávnak a megfelelő méretarányra kinagyított képén jelentkező mérete, k' pedig ugyanazon nagyítás mellett mutatózó fényképezőgép képszélessége. Mivel v' értéke a kísérletek szerint $0,5$ mm körüli érték, a képszélesség pedig nagyítás után $2 k' = 10$ cm, az átlagos fénysáv szélesség

$$h \approx \frac{1}{100} \cdot l$$

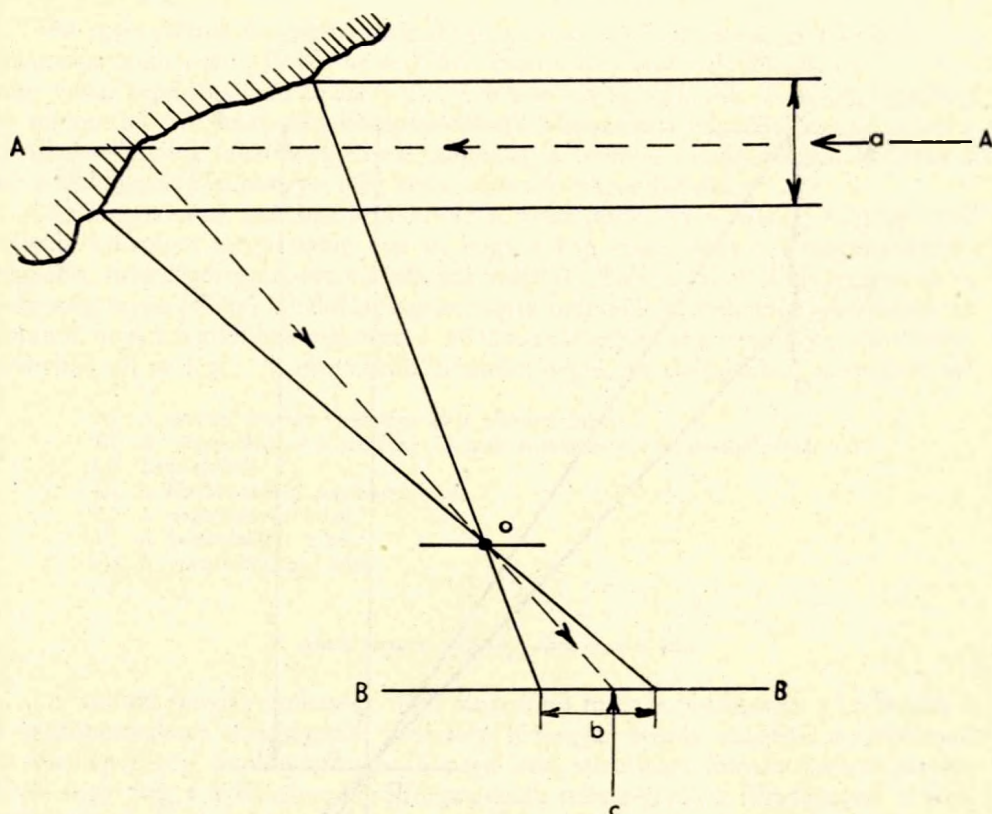
l értéke a gyakorlatban $2,5$ – 15 m között változik, ezért az előállítandó fénysáv szélesség 25 – 150 mm között változhat, attól függően, hogy a felvétel közelebről vagy távolabbról készült. Természetesen a képlet szigorúan csak a szelvénytől merőleges barlangfalakra vonatkozik. A számított h értéket csökkenteni kell, ha a barlang a kamara irányában távolul, és növelni kell bizonyos határig, ha a kamara irányában szű-



22. ábra. A megengedhető maximális fénycsík szélesség számítása. *a-a*: a barlangfal vízszintes vetületének részlete, *b-b*: a fényérzékeny lemez síkja.
 Fig. 22. Calculation of the largest admissible width of the light band. *a-a*: portion of the horizontal projection of the cave wall, *b-b*: plane of the sensitized plate.

kül. Mint a fenti képlet is mutatja, előnyösebb a nagyobb távolságról készített felvétel a megvilágítás hibáinak kiküszöbölése szempontjából. Ez ugyan együtt jár a képtér nem teljes kihasználásával, azonban, mint később látni fogjuk, ez a lencsehibák csökkentése szempontjából is kívánatos.

A megvilágításnál hibalehetőséget jelent az is, hogy a kollimátor által létrehozott sugárnyalábnak a tulajdonképpeni szelvénsíkban haladó sugársora nem minden esetben metszi a barlangfalat a vetített sáv középvonalában (23. ábra). Ez a hiba a barlangfal egyenetlensége, hajlása, színeltérése, fényvisszaverő képessége változásának



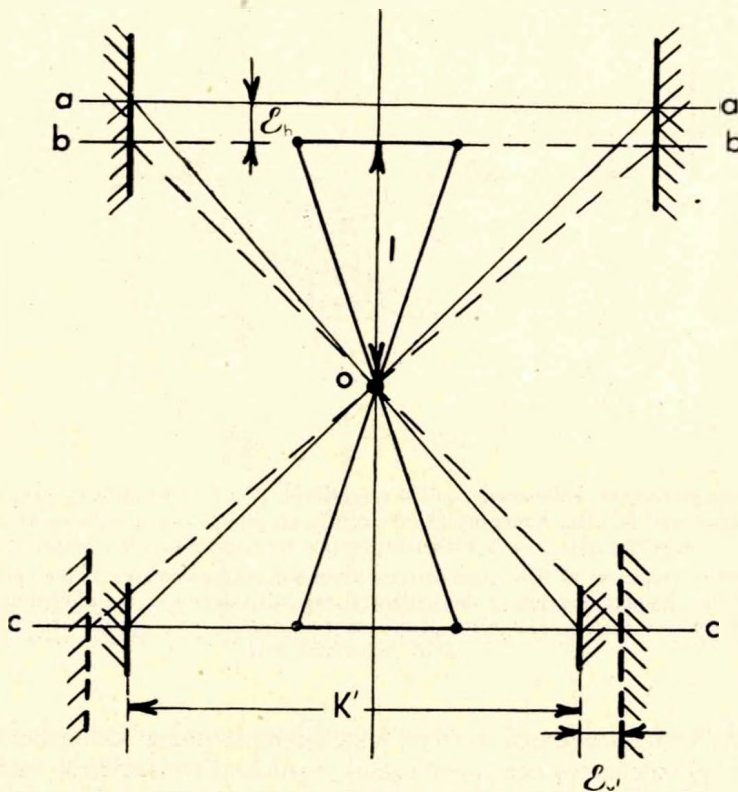
23. ábra. A felvételen nyert kontúrvonal-sávban a közép vonal és a tulajdonképpeni kontúrvonal eltérésre. *a*: vetített sugárnyaláb, *b*: kontúrvonal-sáv képe a fényérzékeny lemezen, *c*: a tulajdonképpeni kontúrvonal helye a megvilágított sáv képén belül, A-A: a szelvény síkja, B-B: a fényérzékeny lemez síkja.
 Fig. 23. Deviation of the central line and the proper object-line within the object-line band obtained on the picture, *a*: projected beam of rays, *b*: picture of the object-line band on the sensitized plate, *c*: site of the proper object-line within the picture of the exposed band, A-A: plane of the cross section, B-B: plane of the sensitized plate.

függvényében változik. A hiba kedvezőtlen esetben több tízed millimétert is elérhet. Kiküszöbölésére két mód kínálkozik: vagy csökkenteni kell a barlangfalra vetített fénysáv vastagságát, vagy pedig növelni kell a fényképezés távolságát, olyanira, hogy a fénysáv képe (azaz a kontúrvonal vastagsága) a 0,6 mm-t ne lépje túl.

Az alappontok és a szelvény síkjának párhuzamos eltéréseiből eredő hiba

Ha az alappontok síkja párhuzamos a szelvény síkjával, de nem esik abba bele, a fotogrammetriában „magassági torzítás” néven ismert hibához hasonló hiba keletkezik (24. ábra). A maximális hiba az ábra alapján:

$$\varepsilon_{v'} = \frac{\varepsilon_h \cdot K'}{2 \cdot l}$$



24. *abra.* Az alappontok síkja és a szelvény síkjának párhuzamos eltéréséből eredő hiba. A megengedhető eltérés számítása. *a-a*: a szelvény síkja, *b-b*: a bázispontok síkja, *c-c*: a fényérzékeny lemez síkja.
Fig. 24. Error deriving from the discrepancy in parallelism between the plane of the base points and the plane of the cross section. Calculation of the admissible discrepancy. *a-a*: plane of the cross section, *b-b*: plane of the base points, *c-c*: plane of the sensitized plate.

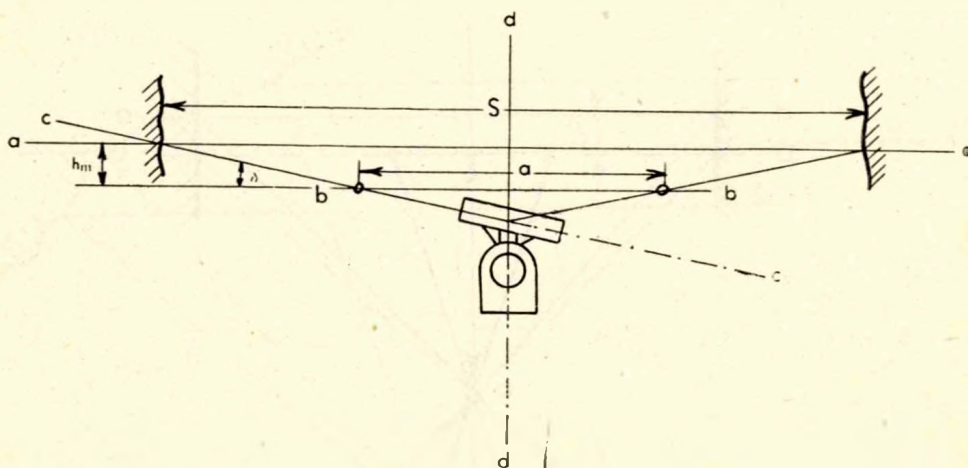
ahol ε_v' a hiba nagysága, K' a képszelesség a felvétel kidolgozásának méretarányában, l a felvétel távolsága, ε_h pedig a szelvényt és az alappontok síkjának egymástól való távolsága. Ha a szerkesztés középhibáját nem akarjuk túllépni, a még megengedhető távolság a szelvényt és az alappontok síkja között a fenti képlet alapján:

$$h_m = 2 \cdot l \frac{\varepsilon_v'}{K'}$$

$K' = 10$ cm-es képszelességgel és $\varepsilon_v' = 0,5$ mm-es maximális hibával számolva

$$h_m [mm] = l [dm]$$

azaz a felvételi távolság deciméterének száma adja mm-ben a megengedhető eltérést. Itt is meg kell jegyeznünk, hogy a képlet szigorúan csak a szelvény síkjára merőleges barlangfal esetére érvényes.



25. ábra. A fotoprofilográf kollimátora optikai tengelyének és a fekvőtengelyének nem merőleges voltából eredő kúpos vetítési hiba. A megengedhető szöghiba számítása. $a-a$: a szelvény síkja, $b-b$: a pontnégyszög síkja, $c-c$: a kollimátor optikai tengelye, $d-d$: fekvőtengely.

Fig. 25. Error in projection of light cone deriving from non-perpendicularity of the optical axis of the collimator of the photoprofilograph to the horizontal axis. Calculation of the admissible angular error. $a-a$: plane of the cross section, $b-b$: plane of the point quadratic, $c-c$: optical axis of the collimator, $d-d$: horizontal axis.

A hiba elkövetésének oka az lehet, hogy a fotoprofilográf kollimátorának optikai tengelye és fekvőtengelye nem merőlegesek egymásra, hanem attól valami δ szögű eltérés mutatkozik (25. ábra). Ilyen esetben ugyanis a vetített fénysugar sík helyett kúpot ír le. Ha a barlangüreg, ill. a szelvény szélességét S -sel, a pontnégyszög oldalhosszát a -val, a szelvényt és az alappontok síkja közötti még megengedhető távolságot h_m -el jelöljük, a megengedhető szöghiba maximális értéke:

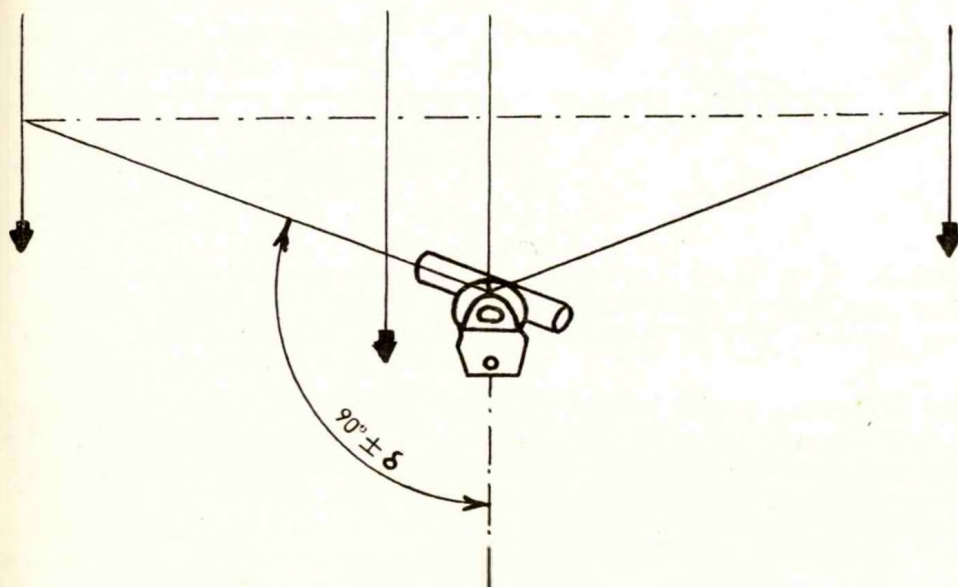
$$\delta_m = \text{arc tg } \frac{2h_m}{S-a}$$

A képlet szigorúan csak a szelvényt merőleges barlangfalak és a szelvény súlypontjában álló műszer esetére érvényes.

A képlet alapján a legkedvezőtlenebb esetet figyelembevéve is megengedhető a kb. $\pm 30'$ -es szöghiba. Ez azt mutatja, hogy a vetítő műszer ebből a szempontból nem igényel túlzottan szabatos szerkesztést és kivitelezést.

A hiba megállapítása, azaz a műszer vizsgálata úgy történik, hogy élesre állított fényjellel a műszertől kb. 10–10 m távolságra a 26. ábra szerinti elrendezésre függőket állítunk be a vetítési irányokba, majd egy harmadik függőt közvetlenül a műszer kollimátora elé is beintünk. Ha a három függő egy egyenesbe esik, a műszer hibátlan, azaz a műszer által vetített fénysugar függőleges síkban mozog. Ha a függők közötti eltérés az előzőekben megadott h_m értéket, tehát az 50 mm-t nem haladja meg, a műszer még használható, ellenkező esetben azt igazítani kell.

Meg kell jegyeznünk, hogy a vizsgálat kellő szabotossággal csak úgy végezhető el, ha a kivetített sugárnyaláb középpontja egyértelműen meghatározható. Ennek érdekében a vizsgálatkor vagy pontszerűre kell csökkenteni a vetített fényfolt kiterjedését,



26. ábra. A fotoprofilográf vizsgálata a kúpos vetítés megállapításakor.

Fig. 26. Examination of the photoprofilograph in determining the projection of light cone.

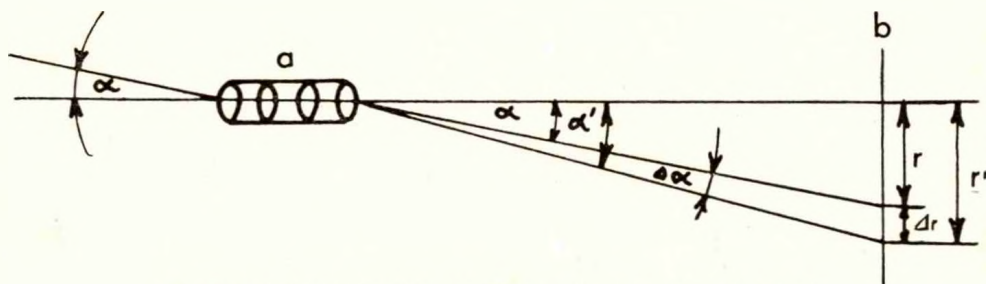
vagy pedig a kollimátorba épített megfelelő diafragmával gondoskodni kell a közép-pont megbízható megjelöléséről.

Hasonló hibalehetőséget jelent az is, ha az alappont jelölés nem kerül bele az optikai tengelybe. Ez a hiba azonban elhanyagolhatóan kicsiny, mivel a műszer felállítása után a pontjelölést 1–2 mm-es nagyságrendű pontossággal lehet beállítani a sugárnyaláb útjába. Nagyobb hibát nem lehet elkövetni, mert bár a beállítás kézzel, szemérmértékre történik, a pontjelölés nagyobb kitérése esetén a sugárnyaláb azt jól láthatóan csak részben világítja meg, tehát a felvételekre hibás adat eleve nem kerülhet. Ez a beállítási lehetőség az igényeket messzemenően kielégíti.

Lencsehibák

A fényképezőgépek optikai berendezéseinek hibái jelentős mértékben befolyásolhatják a leképezés pontosságát, ezért ezeket is vizsgálat tárgyává kell tenni. Az ún. lencsehibák hatása két dologban jelentkezik: egyrészt károsan befolyásolják a kép élességét, azaz megnehezítik a méretek pontos levételét, másrészt – és ez a lényegesebb – a tárgyak képét torzítva adhatják vissza, a kontúrokat elrajzolhatják, azaz a méreteket hibával is terhelhetik távolságban és szögértékben egyaránt.

A diszperzió, a szférikus aberráció, a koma, a képöblösség, az asztigmatizmus és az ún. fényfolt, mint hibalehetőségek általában csak képéletlenséget okozhatnak, ami az ún. 1,2 mm-es maximális felhasználható méretek figyelembevételével nem lehet túlzottan káros a szelvénykép-kiértékelés megbízhatóságának szempontjából. Ezzel szemben a torzítás, ill. elrajzolást okozó lencsehiba az ún. disztorzio már alaposabb vizsgálat tárgyát kell hogy képezze. Ismeretes, hogy a disztorzioiból eredő elrajzolás a kép

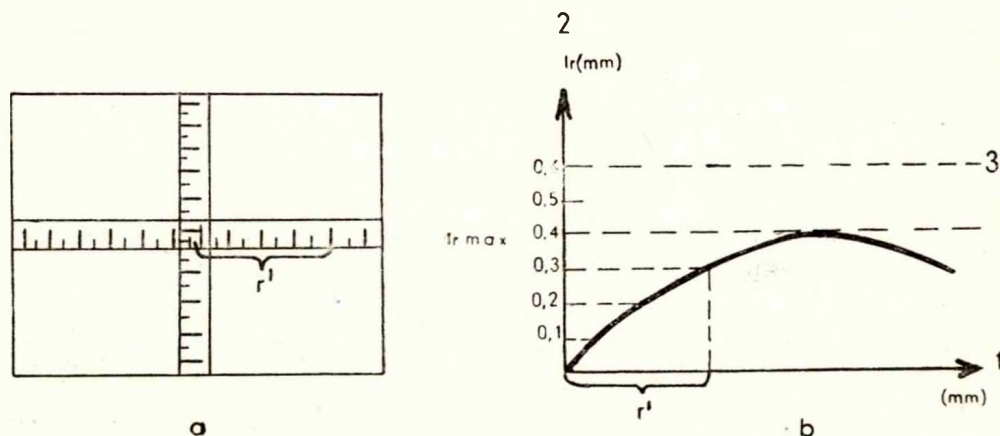


27. ábra. A disztorziós hiba számítása. *a*: lencse-rendszer, *b*: képsík.
 Fig. 27. Calculation of the distortion error. *a*: lens system, *b*: picture plane.

szélén futó egyenes vonalak homorú, ill. domború elhajlásában jelentkeznek. Oka az, hogy az objektív nagyítása a kép különböző pontjaiban nem egyforma, s így a lencsébe belépő fénysugarak a lencserendszer optikai tengelyével más és más szöget zárhatnak be, mint a kilépő fénysugár (27. ábra).

Ha a fénysugarak $\alpha' - \alpha = \Delta\alpha$ értékkel változtatják meg irányukat, a felvételen ez $r' - r = \Delta r$ eltérést mutat. A Δr elrajzolások r -rel nem arányosak, azonban a lencse csiszolásának megfelelően a kép főpontjai körül köralakban értékük közel azonosnak vehető. Az elrajolás a kép főpontjában, azaz középpontjában 0-val egyenlő.

A fényképezőgép megvizsgálása úgy történik, hogy különböző távolságokból egymásra merőlegesen elhelyezett mm, vagy cm beosztású léceket (szintezőléc) fényképezünk le, úgy, hogy a lécek kereszteződési pontja a képközéppontra essék s a lécek által meghatározott sík a képsíkkal párhuzamos legyen. A két főirányban a lécek megfelelő osztásainak névleges értéke és a fényképről lemérhető méret természetbeni megfelelőjének különbsége a torzítás értékét pontról-pontra megadja. A vizsgálat eredményeképpen ezekből az adatokból grafikon készíthető, amely a 28. ábrához hasonló



28. ábra. A fényképezőgép disztorziós vizsgálata. *a*: a disztorziós hiba megállapításának módja, *b*: disztorziós hibák értékelése grafikonnal. 1: vízszintes főirány, 2: elrajolás mértéke, 3: a megengedett elrajzolási hiba felső határa.

Fig. 28. Examination of the distortion of the camera. *a*: determination of the distortion error, *b*: plotting of the distortion errors, 1: horizontal mean direction, 2: grade of the distortion, 3: upper limit of the admissible distortion error.

görbét ad. A grafikon mindkét főirányra vonatkozóan külön-külön készítendő el. A görbe megmutatja, hogy a torzítás nagysága túllépi-e a maximális hiba értékét, a 0,6 mm-t, természetesen a kidolgozás méretarányában.

A disztorziós hiba a lencserendszer egyenetlen kiképzésén kívül a fókusz-távolságtól is függ. A 27. ábra alapján ugyanis írható:

$$\Delta r = r' - f \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

amiből az következik, hogy a fókusz-távolság növelésével a hiba értéke csökkenthető. Éppen ezért, mivel a nagy látószögű objektív fókusz-távolsága kicsiny, ezért az ilyen optikával készített képeket sokkal jelentősebb disztorziós hiba terhelheti, mint a normál lencsével készítetteket.

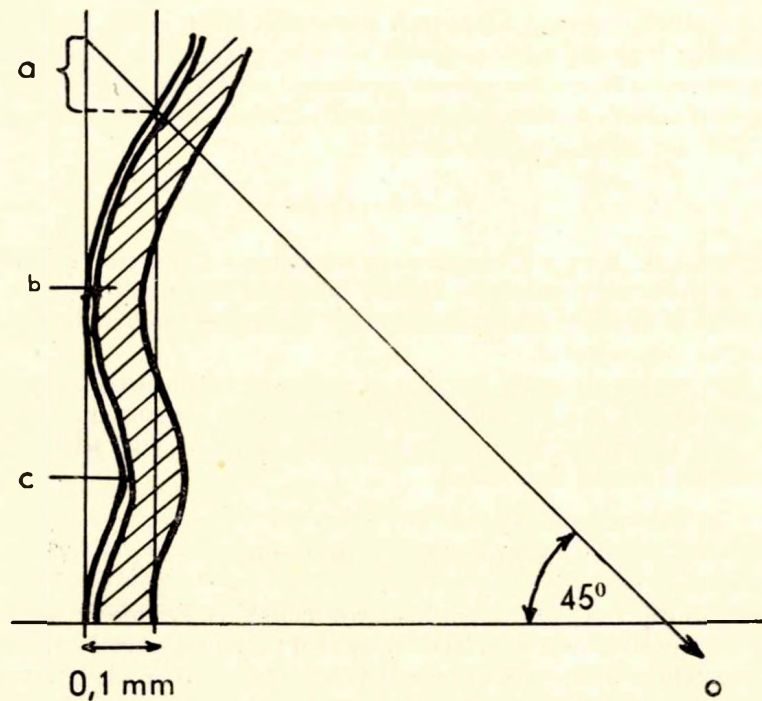
A fent leírt módon elvégzett kísérleti vizsgálataink szerint azonban bebizonyosodott, hogy amennyiben modern fényképező-berendezéssel dolgozunk, akkor a disztorziós hiba még nagy látószögű objektív használata esetén is alig észlelhető, gyakorlatilag a mérhetőség határa alatt marad.

A fényképezőgép szerkezeti hibái

A fényképezőgép szerkezeti hibái bizonyos mértékben szintén terhelhetik a felvételt. Ha a negatív síkja nem merőleges az optikai tengelyre, vagy a negatív kifesztése hibás, torz felület állhat elő, és így a felvétel egyes helyein életlenedés, torzítás léphet fel. Az első eset felismerhető arról, hogy a felvétel egy bizonyos függőleges vagy vízszintes sávban éles, s attól távolodva mindkét irányban fokozatosan életlenedik. Az ilyen részeken lépnek fel a szelvényképen mérettorzulások. A második eset hasonlóan ismerhető fel, azonban az élesen rajzolt sáv itt nem vízszintes vagy függőleges, hanem átlósan jelentkezik. Az életlenedés maximuma pedig az éles sávtól jobbra és balra, az ellenkező sarkokon jelentkezik. A hibákat a kamara megvizsgálása után a film-továbbító állításával lehet megszüntetni. A fényképezőgép hibájából származhatnak még egyéb pontatlanságok is. A mai modern gépeknél azonban mértékük oly csekély, hogy részletesebben nem érdemes velük foglalkozni.

A negatívanyag hibái

A felvételek torzítását, elrajzolását eredményezhetik a negatívanyag használatánál fellépő hibák. A felvétel kidolgozása során a nedves eljárás miatt a negatívon az emulzióréteg fellazul, a szemcsék egymáshoz képest elmozdulhatnak, száradáskor pedig, különösen, ha a száradás hirtelen történik, nem egyenletesen szárad az emulzióréteg, s ez újra csak torzulások hibák forrása lehet. A hiba fellépése és mértéke teljesen törvényszerűtlen. A hiba teljes kiküszöbölésére lehetőség nincs, csupán az üvegnegatív (lemezes fényképezőgép) használata nyújtana megnyugtató megoldást. A hiba csökkenthető azonban bizonyos mértékig a negatívanyag kedvező megválasztásával, a felvétel kidolgozásának egyenletességével és gondosságával. A fellépő hiba nagyságának meghatározására nincs mód, azonban ez a hiba már benne van a lencsehibáknál alkalmazott disztorziós hiba meghatározásában s a disztorziós hibával együttesen mutatható ki. A hibát tehát javítani nem tudjuk, nagyságrendje azonban az előzőek szerint meghatározható, tehát végső fokon el lehet dönteni, hogy az igényelt pontosság



29. ábra. A negatív egyenetlenségéből eredő elrajzolási hiba. *a*: az elrajzolás mértéke, *b*: filmanyag, *c*: emulzió-réteg.

Fig. 29. Distortion error due to the unevenness of the negative. *a*: grade of the distortion, *b*: film material, *c*: emulsion layer.

elérését veszélyezteti-e? A fotogrammetriai gyakorlat általában a negatív használhatósági határát úgy szabja meg, hogy az elrajzolási hibák a negatívanyag egyenetlen viselkedéséből kifolyóan a $\pm 0,02$ mm-t túl ne lépjék. A barlangszelvényezéshez történő alkalmazás azonban ennél kedvezőtlenebb hibahatárt is megenged. A kidolgozás méretarányban ugyanis a még megengedhető maximális hiba $\pm 0,6$ mm, ami szélső esetben 5–6-szoros nagyítás eredménye. Így a negatívon a megengedhető hiba nagysága a maximális hiba 6-od része, azaz $\pm 0,1$ mm. Gondos kidolgozást és megfelelő negatívanyagot feltételezve, a fellépő hibák általában e mérték alatt maradnak, mint ahogy ezt az általunk végzett disztorzions vizsgálat eredménye is bebizonyította.

A negatív nem teljesen sík voltából, felszíni egyenetlenségeiből szintén hibák adódhatnak, melyek fellépése és méreteik ugyancsak törvényszerűtlenek. A hiba nagy látószögű lencse alkalmazásával még jelentősebb lehet. A negatív egyenetlensége miatt ugyanis előfordulhat, hogy a szelvény különböző pontjaihoz különböző képtávolság tartozik (29. ábra), ami képetlenséget, sőt szélső esetben a magassági torzításhoz hasonló hibát is jelenthet, pl. ha az alappontok képe más szelvénypontok képeihez viszonyítva nem azonos képtávolsággal kerül leképezésre. A fentiek szerint meghatározott még megengedett hiba nagysága $\pm 0,1$ mm. 90 fokos nagyítószögű lencsét feltételezve ez azt jelentené, hogy a negatív egyenetlenség maximális értéke $\pm 0,1$ mm-t

nem lépheti túl. A negatív anyag gyártásának mai fejlettségi fokán ez a feltétel messzemenően kielégül.

Ha a negatív a rajta lévő emulzióréteg hatására domborodik, ill. homorodik, ami helytelen kezelés mellett kisfilmes gépeknél fordulhat elő, a fentiekhez hasonló hiba jelentkezhet (30. ábra). A negatív tökéletes kifeszítésével ugyan ez a hiba csökken, azonban még így sem érhető el az, hogy a negatív film a kamara hátsó falát eszményi síklapként határolja. A hiba hatása kettős: egyrészt lehetőség van arra, hogy az alappontok képe a szelvény egyéb pontjaihoz viszonyítva hátrább keletkezzen, ami mérettorzulást okoz. Másrészt a kidolgozásnál a nagyítógépbe helyezett negatív nem ugyanolyan kifeszítésű helyzetbe kerül, mint a fényképezőgépben volt, ami szintén mérettorzulást eredményezhet. A nagyítógépbe helyezéskor tehát a negatívot feltétlenül két üveglap közé kell szorítani. Az így fellépő hibalehetőség, nevezetesen a torz negatívfelület síkba való kifejtése ugyanis még így a legkisebb méretű. Ezek a hibák kisfilmes gépeknél és nagylátószögű lencsék alkalmazásánál lehetnek jelentősek, ha azonban gondoskodás történik a filmszalag megfelelő kifeszítéséről és nagyításnál a negatívot üveglemezek közé szorítjuk, az elkövetett hibák mértékének nagysága a megengedett érték alatt marad.

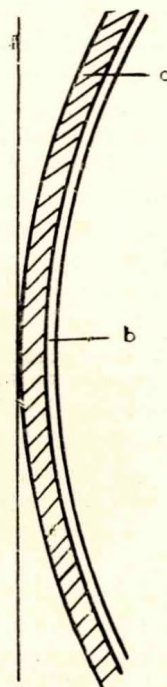
A képatalakítás hibái

A képatalakítás során fellépő hibalehetőségek közül elsőként kell megemlíteni, hogy a nyert átalakított kép nem a tárgy centrális vetülete, hanem egy hibával már előzőleg is terhelt negatív lemez távlati képe, ami bizonyos perspektívikus hibák forrását jelenti. A képatalakítás során tehát a negatív képről egy újabb képet készítünk s ebben benne van az is, hogy a másodszori leképezéssel együtt másodszer is fellépnek a leképezés hibái. Különösen a lencsehibák s azon belül a disztorziós hiba fellépése veszedelmes. Növeli a hibalehetőséget, hogy nagylátószögű objektívvel felvett szelvényképet csakis nagylátószögű nagyítóberendezéssel lehet átalakítani, s a nagylátószögű lencsék hibái éppen a legnagyobbak.

Figyelembe kell azt is venni, hogy míg az első kép hibátlannak vehető szelvényről készült, a második leképezésnél már egy hibás negatívra kell képet készíteni, amelynek során a negatívot eredetileg terhelő hibákat is felnagyítjuk 5–6-szorosára.

További hibalehetőség adódik abból, hogy a felfogó ernyő nem merőleges az optikai tengelyre, így a kép egy sáv kivételével életlen: a fénypontok ellipszisekké, a vonalak pedig vastagabb sávokká torzulnak, mivel a nagyítási képtávolság pontról pontra változik, azaz a kép méretaránya minden helyen más és más.

Végezetül meg kell állapítani, hogy ennél a módszernél alkalmazott képatalakítási mód a ma már jól bevált transzformátorokhoz viszonyítva – tudatosan bár – de meglehetősen kezdetleges. A képernyő ferdeségének beállítása, az elforgatások, a



30. ábra. A negatív anyag domborodása a rajta lévő emulzióréteg zsugorodása miatt. a: negatív anyag, b: emulzióréteg.

Fig. 30. Swelling of the negative material owing to the shrinkage of the emulsion layer a: negative material, b: emulsion layer.

nagyítás mértékének megállapítása, a méretek egyeztetése mind kézi munkával történik, ami egy bizonyos határon túl nem teszi lehetővé a finomabb beállítást, és így újabb pontatlanságok forrása lehet.

A fentiek alapján azt állapíthatjuk meg, hogy a képátalakítás során lépnek fel a legnagyobb számban meglehetősen súlyos hibák. Ha pedig hozzátesszük azt, hogy a barlangi fotogrammetrikus szelvényezésnél a képátalakítás nem csupán javítási, hanem alapvető kidolgozási módszer, az itt fellépő hibák legszigorúbb felülvizsgálására és a hibák mértékének leggondosabb meghatározására van szükség.

A második leképezés, azaz a nagyítás lencsehibái a már ismertetett hatásokkal jelentkeznek. Mint már említettük, közülük legfontosabb az elrajzolási hiba. A nagyítás során fellépő elrajzolási hiba nagyságát megállapíthatjuk, ha pontosan felrakott, lehetőleg üvegnegatívra karcolt négyzethálózatot nagyítunk ki a feldolgozás méretarányának megfelelően, tehát átlag 5–6-szorosra. A negatívra felrakott és a nagyított képről lemérhető távolságok eltérései természetesen a nagyítás mértékének figyelembevétele után helyről helyre megadják az elrajzolás mértékét, a Δr értékeket, amelyeknek ismeretében a 28. ábrán látható elrajzolási görbe is megszerkeszthető.

A gyakorlatban az elrajzolási hibát nem állapítjuk meg külön a fényképezőgépre és a nagyítógépre, hanem együttesen az egész optikai műveletre vonatkozóan. Ilyen esetben a 28. ábra szerinti mérő, ill. szintezőléces felvételt elkészítjük, a képet átalakítjuk, melynek kapcsán fel is nagyítjuk a kívánt méretarányra, s az így nyert képről állapítjuk meg az elrajzolás hibáját. Ez a módszer azért is előnyös, mert a kép számos más hibát is tartalmaz (negatív hibái, felvevőgép hibái stb.), így a gyakorlat szempontjából használhatóbb adatokat ad.

A második leképezésnél fellépő elrajzolási hiba, megfelelő lencserendszer alkalmazásával éppen olyan mérvű, de ellentétes előjelű is lehet, s ennek révén a két elrajzolási hiba kompenzálhatja egymást, azaz a felvételt elrajzolási hiba többé nem terheli. A hiba kiejtésére a legkézenfekvőbb megoldás az, hogy ugyanazzal az objektívvel végezzük a nagyítást, mint amellyel a felvételt készítettük.

A negatív hibáinak a képátalakítás és a vele együtt járó nagyítás során történő 5–6-szoros megnövekedése kétségtelenül jelentős, azonban az eddigiekben már minden hibalehetőséget a felnagyított képre vonatkoztatva vettünk figyelembe, ezért itt külön nem kell számításba vennünk.

Az optikai tengelyre nem merőleges képsík okozta perspektivikus torzítási hiba azáltal csökkenthető – már a felvétel elkészítésénél –, hogy lehetőség szerint elkerüljük a nagyon ferde (45° -nál nagyobb) szögű felvételeket. A kisebb mértékű torzítás tovább csökkenthető a nagyítógép nyílásának erős leszűkítésével (blendezés), miáltal a térbeli élesség fokozódik. A gyakorlatban a még ezután is fennmaradó mérettorzulások hatása is kiküszöbölhető olyanképpen, hogy a vonalvastagodásoknál a közép-vonalat vesszük figyelembe, ill. a fénypontoknál, amelyek ellipszisként jelentkeznek, az ellipszis nagy és kis tengelyének metszéspontját.

Mint említettük, a pontnégyyszög képének átalakítási hibája sokkal kisebb, mint a szelvénykép átalakítási hibája. A hiba megnövekedésének mértéke kétségtelenül a kiterjedés méreteinek arányában változik. A pontnégyyszög közepes oldalhossza a fotoprofilográf leírása alapján 500 mm. A felvett szelvény szélessége szélső esetben 10 000 mm. A kettő közötti arány 1:20. Ezek szerint a felvételen a pontnégyyszög meghatározási bizonytalanságának hússzorosa lesz a szelvény szélső pontjainak bizonytalansága. Az alappontok méretarányra való hozatala és átalakítása, azaz a képsík megfelelő dőlésének kikeresése, részben próbálgatással történik, adott méretarány szerint a szabatos

pontossággal szerkesztett sablonnégyzet sarokpontjával hozzuk fedésbe a pontnégyyszög kivetített alappontjait. E pontok azonosításának középhibája egyezik a szerkesztés középhibájával, azaz $\pm 0,2$ mm. Ezek szerint a nagyított képen a szelvényképről levehető méretek középhibája már ennek hússzorosa, vagyis $\pm 4,0$ mm. Ezt a nagyméretű hibanövekedést a felvétel során úgy lehetne kiküszöbölni, ha az alappontokat a szelvény kontúrvonalán vennénk fel, így az azonosítási elemek és a szelvény képe között nem állana fenn méretkülönbség az előbbi arányban.

E hibát azonban célszerűen a kidolgozásnál küszöböljük ki, oly módon, hogy a pontnégyyszöget a kívánt méretű szelvény nagyságára, vagy annál is nagyobbra vetítjük ki. Az így kinagyított pontnégyyszög segítségével végezzük el a képátalakítást, majd az egész szelvényt visszakicsinyítjük a felhasználási méretarányra. Ezzel a módszerrel elérhető, hogy maga a képátalakítás, ill. az ezzel kapcsolatos méretazonosítás $\pm 0,2$ mm-es, ill. ennél még kedvezőbb középhibával történik, és így ez a középhiba érvényes marad a szelvény kontúrpointjaira is.

E módszer hátránya, hogy az erős nagyítás révén megnövekszenek az egyéb hibák is, melyek a negatívot terhelték, s ezek most a képátalakítás pontosságát rontják. Ezért teljesen megnyugtató megoldást csak az jelent, ha megfelelő anyag kiválasztásával, gondos feldolgozó munkával és a lencsehibák kiküszöbölésével a negatívot terhelő hibákat olyan kismértékűre csökkentjük, hogy hatásuk még felnagyítás után is elhanyagolható.

A felnagyítás egyébként a kézi beállítás pontatlanságait is csökkenti, ezért kivétel ebből a szempontból is ajánlatos.

A méretazonosítás megkönnyítésére szolgál, ha az azonosító, tehát adott méretarányal előre megszerkesztett sablonnégyzetek csúcspontjait koncentrikus körökkel jelezzük (17. ábra). Így erősebb nagyításnál is pontosan elvégezhető a méretazonosítás.

A pozitív-készítés hibái

Bár a transzformáló-asztalról a vetített kép kemény ceruzával könnyen lemásolható, mégis a gyakorlatban a könnyebb kezelhetőség érdekében pozitív képet is készíthetünk a szelvényről. Ez természetesen újabb hibák forrása lehet, amely a papír egyenetlenségéből és a nedves eljárás kapcsán fellépő egyenlőtlen összeszáradásból ered. A fellépő hibák itt is törvényszerűtlenek. A papír egyenetlenségéből, ill. nem sík voltából származó hibát azáltal csökkenthetjük, hogy a nagyítópapírt szorítószalagok segítségével a transzformáló-asztalhoz rögzítjük. Az egyenlőtlen összeszáradás hibája lényegesen nem csökkenthető, azonban mértékét átlagosan meg lehet állapítani oly módon, hogy a fényérzékeny papírra ceruzával vagy tuszal pontos négyzethálózatot rajzolunk, s a szokásos nedves kezelés és szárítás után meghatározhatjuk a felrajzolt négyzetek torzulását. Ez a vizsgálat csupán a zsugorodási hiba nagyságrendjére vonatkoztatva ad tájékoztató eredményt, de értékével a szelvényeket korrigálni nem lehet, mivel a hiba minden képnél más és más. Disztorziós vizsgálatunk eredménye alapján azonban megállapíthatjuk, hogy a pozitív papír méretváltozása a nedves eljárás során gyakorlatilag nem számbavehető.

Kísérleti eredmények összefoglalása

A szelvénykontúrponatok közötti távolság meghatározásánál fellépő hibák megvizsgálására kísérleteket is végeztünk. Különböző körülmények között felvételi sorozatokat készítettünk mesterséges, meghatározott méretű tárókban. E mérési sorozatok kiértékelése nyomán — a részletesebb kiértékelést mellőzve — megállapítható volt, hogy a méretek levételének középhibája $\pm 1,6$ mm. Ebből következik, hogy a maximális hiba ennek háromszorosa, $\pm 4,8$ mm lehet. A vizsgálat során a mérési sorozatból kiszámítható, legmegbízhatóbb érték és a valóságban lemerő adatok közötti eltérés, azaz a számítható relatív hiba a középhibák háromszorosát egy esetben sem érte el. Különböző méretű szelvények méreteinek összehasonlítása során a méterenkénti középhiba $\pm 0,82$ mm/m-nek adódott, ami a szükségletnek nagyon jól megfelel, hiszen kerekén 0,1%-os átlagos mérési pontosságot jelent.

Összefoglalva az elméleti és gyakorlati pontossági vizsgálatok eredményeit, megállapíthatjuk, hogy a fotogrammetrikus módszerünkhöz készített szelvényező berendezések az igényelt pontossági követelményeket kielégítik. A leírt tudatosan egyszerű kivitelezés mellett is elértük a szpeleológiai felhasználáshoz megkövetelt 1%-os pontosságot, sőt a kísérletek tanúsága szerint ennél pontosabban is tudunk dolgozni, különösen akkor, ha mind a felvételnél, mind pedig a kidolgozásnál gondos és körültekintő munkát végzünk. E pontosság kihasználásával lehetőség nyílt a barlangtérképezés munkájának nagymértékű egyszerűsítésére.

VII. A MÓDSZER JELENTŐSÉGE

A barlangi keresztzelvények meghatározott pontosságú fotogrammetrikus felvétele — mint láttuk — lényegesen körülményesebb feladat, mint a bányatárók szelvényeinek hasonló módszerrel való meghatározása. Ennek oka a barlangüregek mérési szempontból igen kedvezőtlen sajátosságain kívül az, hogy módszerünket nem csupán a szelvények felvételére dolgoztuk ki, hanem a keresztzelvények szabatos felvétele mellett egyben a térbeli viszonyokat valóban figyelembe vevő, teljességre törekvő új barlangmérési eljárás kialakítására is törekedtünk. Módszerünknek tehát elsősorban szpeleometriai szempontból van jelentősége.

E módszer alkalmazásával nyerhető barlangi keresztzelvény-képek azonban tágabb szpeleológiai szempontból is igen értékes anyagot jelentenek, mert egzakt alapot nyújtanak mindennemű genetikai vizsgálatához.

Végül is módszerünk használhatónak látszik bányászati, ill. egyéb mélyépítési munkálatok szempontjából is.

A fotogrammetrikus keresztzelvényezés segítségével készíthető szelvényképek a szpeleometriában igen széleskörűen felhasználhatók. Legfontosabb alkalmazási területek az alábbiak:

1. vetületi alaprajz készítése
2. függőleges hosszvetület készítése
3. szintvonalas barlangtérkép készítése.

1. A *vetületi alaprajz* a barlangüregnek vízszintes síkon nyert ortogonális vetülete. A barlangtérképen ez adja az üreg kontúrvonalát. Ez ideig az alaprajz kontúrvonalát az üreg elérhető szélességének többszöri méréssel nyert határpontjai összekötésével kaptuk,

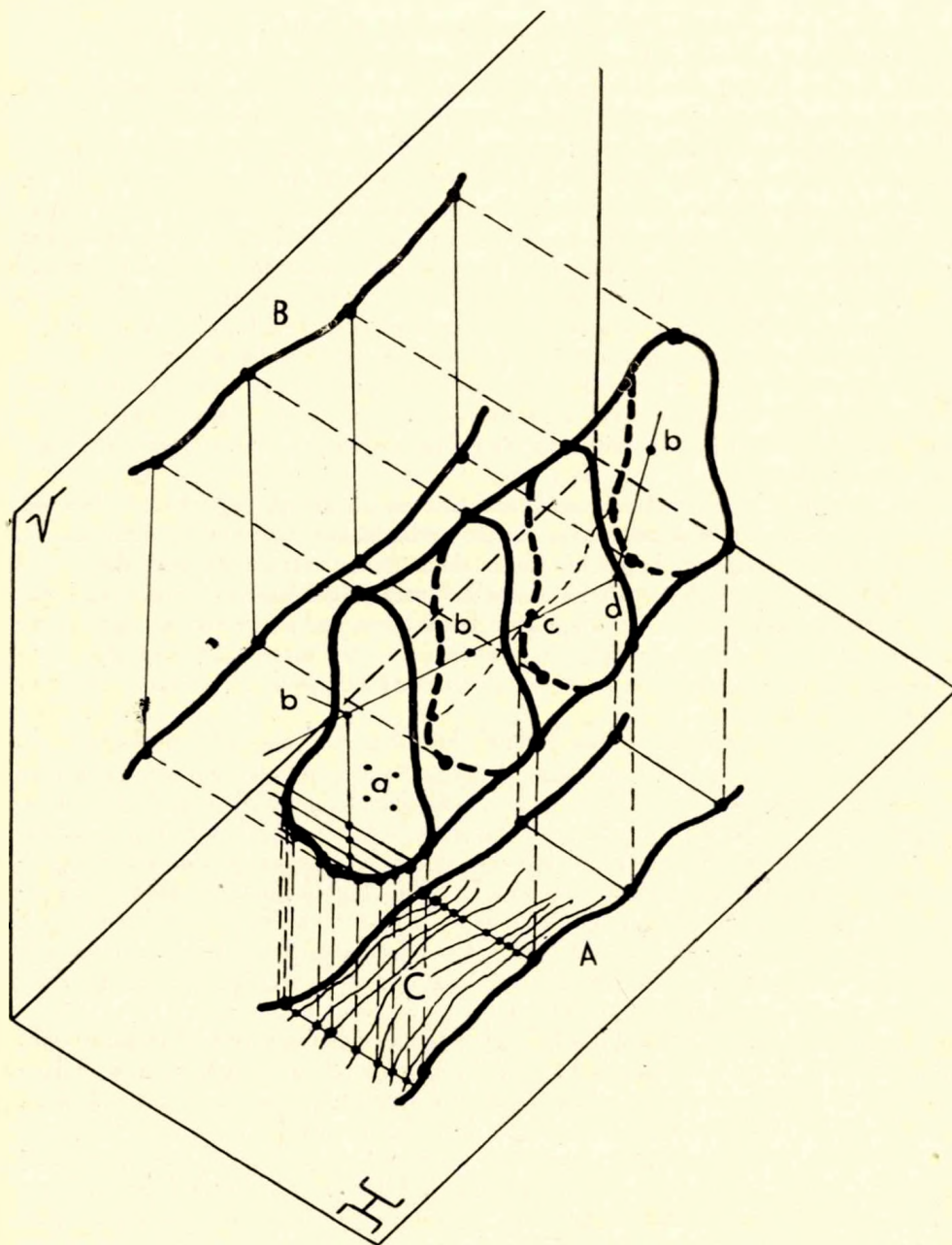
ezért a térbeli viszonyokat a valóságnak megfelelően ábrázoló vetületi alaprajz készítésére általában nem volt lehetőség. Tájolt kereszt-szelvények segítségével azonban minden esetben pontos vetületi alaprajz készíthető, ha megfelelő sűrűséggel veszünk fel kereszt-szelvényeket, és ha a függőleges síkban felvett szelvények vízszintes értelmű szélső határpontjait függőleges vetítő sugarakkal vízszintes síkra vetítjük. A vetítés egyszerű szerkesztéssel végezhető el. A szerkesztés sémáját a 31. ábrán tüntettük fel.

2. A *függőleges hosszvetület* készítése ezelőtt a barlangi fixpontok relatív magasságának megállapításán, valamint e pontokhoz viszonyítva a talaj és a mennyezet távolságának megmérése alapján alapult. Különösen a mennyezetmagasság-mérés nehézkes módja miatt azonban sokszor meg kellett elégednünk kisszámú mért ponttal, csekély pontosságú méretekkel vagy sokszor becsléssel kapott adatokkal is. A függőleges hosszvetület a barlangüregnek olyan függőleges síkra vonatkozó ortogonális vetülete, amelynek csapása párhuzamos az üreg kiterjedésének uralkodó irányával. Kellő sűrűségű kereszt-szelvény-sorozatból tehát a szelvények legalsó és legfelső pontjainak vízszintes vetítő-sugarakkal való kivetítésével pontos függőleges hosszvetület szerkesztésére nyílik lehetőség (31. ábra).

3. Megfelelő sűrűséggel felvett kereszt-szelvények alapján egyszerű szerkesztéssel pontos *szintvonalas térképet* is készíthetünk a barlangok talajának domborzatáról. Ha az egyes kereszt-szelvény-képek kontúrvonalának talajmenti szakaszát a dőfésponttól való távolság alapján meghatározható azonos tszf. magasságokban vízszintes egyenesekkel metszjük el, akkor a vetületi alaprajzon feltüntetett szelvényvetületek egyenesein e metszéspontok függőleges vetületei megadják az azonos magasságban elhelyezkedő pontokat. E pontok összekötésével a felmért barlang talajának szintvonalas térképét nyerjük (31. ábra).

Szpeleológiai szempontból módszerünk elsősorban a kvantitatív morfogenetikai vizsgálatok előtt nyit jelentős távlatot. A kereszt-szelvények területének számszerű összehasonlító vizsgálata, a színlők kimérése, és általában a szelvények alakjának variációstatisztikai értékelése ilyen alapon lehetőséget nyújthat a barlangjáratok kialakulásának pontosabb megismerésére, különösen akkor, ha mindez párosul a barlangfal-közetek részletes anyagvizsgálaton alapuló közettani, ill. geokémiai vizsgálatával. Pontosabb vizsgálatok végezhetőek majd ilyen alapon a tektonikai és hidrológiai viszonyok kapcsolatának felderítése terén. Módszerünk alkalmazásával megindulhat a barlangok légáramlási viszonyainak pontos vizsgálata is. Végül az ősrégészeti ásatások állapotának dokumentumszerű rögzítésére is alkalmas lehet módszerünk a jövőben.

A mérnöki gyakorlatban több alkalmazási terület lehetőségére kell rámutatnunk. Említettük már, hogy külföldön a bányatárók és alagutak fotogrammetrikus szelvényezése jelenleg főként az építési hibák kimutatására, valamint az utólagos elmozdulások meghatározására szolgál. Ebből következik, hogy bányaművelés terén alkalmas lehet módszerünk pl. a talpduzzadás, valamint a főtényomás okozta deformáció időbeli menetének pontos számszerű meghatározására, a kitörési szelvények ellenőrzésére, esetleg kavernák méretének megállapítására, valamint a légmérő-állomásokon a tároszelvények pontos területének megállapítására. Egyéb általános mérnöki gyakorlatban pedig a földmunkák előrehaladásának menetét lehetne ilyen módszerrel pontosan és gyorsan ellenőrizni, ami bérezési szempontból volna hasznosítható.



31. ábra. Vetületi alaprajz (A) függőleges hosszvetület (B) és szintvonalas térkép (C) szerkesztése fotogrammetrikus keresztmetszvények alapján. (Séma) V: vertikális képsík, H: horizontális képsík, a: a bázis pontnégyszöge, b: dőléspont, c: poligon-oldal, d: fixpont.

Fig. 31. Construction of the horizontal plan (A), the vertical longitudinal projection (B) and the contour chart (C) on the basis of photogrammetric cross sections. (Scheme) V: Vertical picture plane, H: Horizontal picture plane, a: point quadratic of the base, b: point of intersection, c: side of the polygon, d: fixed point.

VIII. TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Az eddigi kísérletek tanúsága szerint csak lényegesen költségesebb berendezésekkel lehetne esetleg pontosabb és gyorsabb eljárást kidolgozni a barlangi keresztshelvények fotogrammetrikus felvételére. Az általunk elért pontosság azonban – mint látuk – tökéletesen elegendő nemcsak speleológiai, hanem speleometriai szempontból is. Fotogrammetrikus úton pedig az általunk elért pontosság mellett a barlangüregek kedvezőtlen sajátágainál fogva még Linhof-technikával is aligha lehetne lényegesen nagyobb felvételi gyorsaságot elérni, mert a barlangi keresztshelvényezésnél az általunk létesített berendezésekkel nem a tulajdonképpeni felvétel, hanem a 100%-os felvétel lehetőségének megállapítása az időigényes művelet.

A fentiek miatt módszerünk továbbfejlesztése főként a megvilágítás erősségének növelésében, valamint a transzformáló-berendezés tökéletesítésében keresendő.

A fentiekon kívül a módszer alkalmazási területét lehetne még növelni. A zombolyok keresztshelvényezése ugyanis még megoldásra váró feladat.

IX. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkig a speleometria nem ismert egzakt és viszonylag gyors eljárást a barlangok keresztshelvényezésére, pedig alapvetően fontos feladat ez nemcsak speleometriai, hanem általános speleológiai szempontból is, különös tekintettel a genetikai vizsgálatokra. 1957-ben merült fel az a gondolat, hogy fotogrammetrikus módszerrel esetleg mód lenne a barlangi keresztshelvények pontos felvételére. Ilyen irányú külföldi bányászati eredmények figyelembevételével olyan fotogrammetrikus keresztshelvényezési eljárást dolgoztunk ki, amely minden tekintetben figyelembe veszi a speciális barlangi körülményeket.

A módszer elve a következő:

A felvenni kívánt függőleges keresztshelvény síkjában szükséges szélességben (1–20 cm) megvilágítjuk a shelvény kontúrvonalát. A shelvénykép méretjelölése, tájolása, átalakíthatósága, valamint részletekben valódi felvétel esetén a részletképek kapcsolása céljából ismert oldalhosszúságú és vízszintes, ill. függőleges oldalú négyzet sarokpontjain négy fénypontot villantunk fel a shelvény síkjában. Ugyanakkor a hossz-méréshez való kapcsolhatóság céljából még egy fényponttal megvilágítjuk a hossz-mérési poligonnak a shelvény síkját metsző oldala és a shelvény sík által alkotott dőféspontot, valamint mozgatható fénypont segítségével a shelvény síkjába berajzoljuk a shelvény számát is. Az ilyen módon nyert folytonos és önmagába visszatérő kontúrvonalat, alappontokat, dőféspontot és számjelölést a fenti műveletek alatt nyitott fényzárral tetszőleges helyen és helyzetben álló kisfilmes fényképezőgép fényérzékeny lemezére leképezve, méreteiben ismert, tájolható, átalakítható, részletekből összeilleszthető, valamint hossz-méréshez kapcsolható és könnyen rendszerezhető képét nyerjük a keresztshelvénynek.

A shelvénykontúr megvilágítása, az alappontok és a dőféspont képzése, valamint a shelvény sík csapásának meghatározása külön e célra szerkesztett egyszerű műszer, a fotoprofilográf segítségével történik. A műszeren 1' érzékenységű libellával vízszintezhető fekvőtengely mentén elforduló kollimátor végzi a shelvénykontúr, az alappontok és a dőféspont megvilágítását. Az alappontjelölés a kollimátorhoz van kapcsolva. A shelvény sík csapásvonalának meghatározása a műszerbe beépített kompasz segítségével

vel történik. A felvétel számozására rugós érintőkapcsolóval ellátott, ún. számozóbot szolgál. Mind a fotoprofilográf kollimátora, mind pedig a számozóbot közönséges zseblámpaelemmel üzemel.

A felvételek kidolgozásánál a képátalakítás végrehajtása e célra átalakított és transzformáló-asztallal felszerelt nagyító berendezéssel végezhető el. A részletfelvételek pontos kapcsolása illesztőkeret segítségével történik.

A fotoprofilográf súlya 2,20 kg, állvánnyal együtt 7,96 kg.

A jelenlegi műszerekkel, gondos felvétel és kidolgozás esetén, a módszerrel nyert szelvényképek alapján, a szelvénykontúrponatok közötti távolság meghatározásának középhibája $\pm 1,6$ mm. Különböző szelvények méreteinek összehasonlítása során a méterenkénti középhiba $\pm 0,82$ mm-nek adódott. Ez a pontosság elegendő, mert az igényelt pontosság speleológiai és speleometriai szempontból egyaránt 1 hibaszázalék.

E módszer kialakításánál arra törekedtünk, hogy a barlangok keresztszelvényezése viszonylag egyszerű eszközökkel, a legkülönbözőbb körülmények között, a lehető leg-rövidebb idő alatt elvégezhető legyen, még akkor is, ha a felvételi idő rövidege a feldolgozási idő rovására megy.

* * *

Befejezésül ezen a helyen is szeretnénk megköszönni DR. PAPP FERENC professornak, hogy az ÉKME jósvafői kutatóállomásának kutatási alapjából megfelelő összeget bocsátott rendelkezésünkre a kísérletek elvégzéséhez és a szükséges műszerek kivitelezéséhez. E módszer kidolgozásában a legjelentősebb elvi és gyakorlati segítséget SZÁYER KORNÉL nyújtotta a kísérletek során. Vele együtt a műegyetemi barlangkutató csoport tagjai közül CZAJLIK ISTVÁN, GÁDOROS MIKLÓS, SÁRVÁRY ISTVÁN, FEJÉRDY ISTVÁN, DÉKÁNY CSABA, CSER FERENC és CSICSÉLY ANDRÁS járult még hozzá a kísérletek sikeréhez. DR. BERTALAN KÁROLY nagy segítségünkre volt az irodalom áttekintésében. A műszerek a budapesti *Urania Bemutató Csillagvizsgáló* műhelyében készültek DR. KULIN GYÖRGY szíves támogatása mellett HERBERT MIKLÓS műszerész gondos munkája nyomán. Az említettek önzetlen közreműködése tette lehetővé módszerünk eredményes kidolgozását, amiért ezúton is köszönetet mondunk.

* * *

A módszer használhatóságának szemléltetése céljából befejezésül szeretnénk még bemutatni néhány fotogrammetrikus úton előállított szelvényképet, amelyek a Budapest és Aggtelek környéki nagyobb barlangrendszerekben készültek (32. és 33. ábra). Ezek a szelvényképek azért érdekesek, mert az egyes barlangokra jellemzőek, és azonos méretarányban készültek. Ilyen módon első alkalommal nyílt lehetőség a nagyobb magyarországi barlangok méretbeli és keresztmetszeti viszonyainak megbízható összehasonlítására.

Irodalom

1. CHRISMÁR O.: Nagy és magas földalatti üregek fölmérése. – Bányászati és Kohászati Lapok XVII. évf. 21. sz. Budapest, 1884. p. 179.
2. GILBERT, R.: Methode „Photoprofil” pour levé de profils en travers de galerie. – Revue des Geometres-Experts et Topographes Francais. VIII. Paris, 1956. Jul. pp. 523–530.
3. HÜBENY, K.: Ein Photogrammetrisches Verfahren zur Aufnahme von Tunnelprofilen. – Photographische Korrespondenz. 90. No. 12. Darmstadt und Wien, 1954. pp. 203–208.



32. ábra. A Budapest környéki barlangok néhány jellemző fotogrammetrikus úton felvett keresztmetszete. a: Mátyáshegyi-barlang - „Szinhatásterem” (bázis = 1000 mm), b: Pálvölgyi-barlang - „Kabátsterem” (bázis = 500 mm), c: Ferenchegy-i-barlang - „Zrínyi-terem” (bázis = 500 mm), d: Szemlőhegyi barlang - „Oriás-terem” (bázis = 500 mm, CSER FERENC felvétele).

Fig. 32. Some characteristic cross sections obtained by photogrammetric method in the caves of the surroundings of Budapest: a: Mátyáshegyi Cave - „Szinhatásterem” (base = 1000 mm), b: Pálvölgyi, Cave - „Kabát-terem” (base = 500 mm), c: Ferenchegy Cave - „Zrínyi-terem” (base = 500 mm), d: Szemlőhegyi Cave - „Oriás-terem” (base = 500 mm, photo by FERENC CSER).

4. HUBENY, K.: Tunnelprofile durch Lichtschnitte. – Zeitschrift für Vermessungswesen. 1957. Mai. pp. 145–149.
5. KESSLER H.: Az aggteleki barlangrendszer hidrográfiája. – Földrajzi Közlemények. LXVI. évf. 1–3. sz. Budapest, 1938.
6. KILLIAN, K.: Die Obertener Eisköhle. – Mitteilungen über Höhlen- und Karstforschung. Jg. 1935 Berlin, 1935. pp. 123–125. (Türkép: p. 120.)
7. KOFFENVAELLNER, F.: Lichtschnitt-Profilmessung in Stollen. – Geologie und Bauwesen. Jg. 25. Hf. 1. Wien, 1959. pp. 50–58.
8. LACMANN, O.: Die Photogrammetrie in ihrer Anwendung auf nicht topographischen Gebieten. Hirzel Verlag, Leipzig, 1950. pp. 99–159.
9. MAUCHA I.: Az ÉKME jászvölgyi kutatóállomásának 1959–60. évi munkáiról. – Karszt- és Barlangkut. Táj. Budapest, 1960. jún. pp. 257–289.
10. MÜLLER, L.: Der Mehrausbruch in Tunneln und Stollen. – Geologie und Bauwesen. Jg. 24. Hf. 3–4. Wien, 1959, pp. 204–222.
11. NOTTARP: Bericht über den Entwurf eines Tunnelmessgeräts. – Allgemeine Vermessungsnachrichten. 1951. Hf. 4. pp. 90–94. n. v.
12. STRASSER, G.: Photogrammetrische Tunnelprofilis. – Zeitschrift für Vermessungswesen. Jg. 81 Stuttgart, 1956. Nov. pp. 402–405.
13. TAGWERKER: Höhlenwissenschaft und Vermessungswesen. Referat über den Vortrag des Hochschulassistenten Karl Killian. – Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen. Bd. XXXIII. No. 5. Baden bei Wien, Dez. 1935. pp. 126–127.
14. TÓTH J.: A barlangok felméréséről. – Karszt- és Barlangkut. Táj. Budapest, 1957. jul. – dec. pp. 20–25.
15. TÓTH J.: A speleokartográfia egységesítésének problémái. – Karszt- és Barlangkut. Táj. Budapest, 1960. szept.-okt. pp. 461–467.
16. ZAAR, K.: Über ein Photogrammetrisches Körpermessungsverfahren. – Internationales Archiv für Photogrammetrie. IV. Bd. 1913–14. Wien und Leipzig, 1914. Nov. pp. 64–65.
17. ZANOSKAR, W.: Stollen und Tunnelbau. – Springer Verl., Wien, 1950. pp. 178–180. n. v.
18. – : Light projector and camera speed underground profile measurements. – Coal Age, 64. köt. 10. sz. New-York, 1959. p. 140.

PHOTOGRAMMETRIC METHOD OF SURVEYING CROSS SECTIONS OF CAVES

By

I. MAUCHA and J. TÓTH

Up to date no exact and relatively rapid techniques of surveying cross sections of caves were known in the speleometry, whereas it is a fundamentally important object not only from point of view of the speleometry, but also from that of the general speleology with special regard to the genetic studies. In 1957 it was suggested that a photogrammetric method would perhaps make possible the precise surveying of cross sections in caves. Considering such results of the foreign mining industry, we have developed a photogrammetric profiling process which takes into account, in all respects, the special conditions in caves.

The method is based upon the following principle:

The object-line of the cross section subject to surveying is illuminated in the plan of the cross section within a suitable width (1 to 10 cm). With the purpose of orienting, transforming the cross section picture and indicating the scale thereof, as well as of fitting the detail pictures in the case of surveying in detail, the flashing of four luminous points in the corners of a square with horizontal, respectively vertical sides of known side length, is effected in the plane of the cross section. In order to adapt it to a conjunction with the linear measurement, the point of intersection formed by the side cutting the cross section plane, of the linear measuring polygon and by the section

plane itself, is illuminated through the means of an additional luminous point, as well as also the number of the cross section is entered into the section plane using a mobile luminous point. Photographing, with open diaphragm during the above operations, the continuous and recurring object line, as well as the base points, the point of intersection and the numbering obtained in this way on the sensitized plate of a miniature camera suspended in any suitable position, yields a picture of the cross section of known scale and susceptible to orientation and transformation, the conjunction with the linear measurement and the fitting of the detail pictures being provided for.

The illumination of the outline of the cross section and the construction of the base points and the point of intersection, as well as the determination of the trend of the section plane are executed by a special, but simple instrument, the photoprofilograph. In this instrument a collimator turning around a horizontal axis which may be levelled by a bubble level with a sensitiveness of 1', illuminates the objectline of the section, the base points and the point of intersection. The base point indication is connected to the collimator. The trend of the cross section plane is determined by the means of a surveying compass mounted into the instrument. The numbering of the pictures is provided by a so called numbering stick having a spring-actuated switch. Both the collimator of the photoprofilograph and the numbering stick are fed by a conventional flashlight battery.

During the elaboration of the pictures the transformation may be performed by a specialized enlarger equipped with a rectifier stage. The precise conjunction of the detailed pictures is carried out through the means of a fitting frame.

The weight of the photoprofilograph is 2,20 kg, the total weight together with the stage being 7,96 kg.

According to the pictures obtained by this method and presuming that the survey and the elaboration of the pictures are thoroughly accomplished through the use of the actual instruments, the mean error in determining the distances between the points of the cross section objectline is $\pm 1,6$ mm. A comparison of the dimensions of several cross sections yielded a mean error as high as $\pm 0,82$ mm per meter. This precision is adequate, since the precision required both from point of view of the general speleology and of the speleometry is 1 error percentage.

While developing this method, we were strained after the aim that the surveying of cross sections in caves should be accomplished by relatively simple instruments within the shortest possible delay, even if the short duration of the surveying involves the stretching out of the time required for the elaboration.

MÉTHODE PHOTOGRAMMÉTRIQUE DU LEVÉ DES PROFILS TRANSVERSAUX DANS LES GROTTES

Par

L. MAUCHA et J. TÓTH

La spéléométrie n'a connu, jusqu'à présent, aucun procédé exacte et relativement rapide pour le levé des profils transversaux des grottes, alors que c'est un objectif fondamentalement important non seulement du point de vue de la spéléométrie, mais aussi de celui de la spéléologie générale, particulièrement en ce qui concerne les études génétiques. C'est en 1957 que l'idée nous est venue de chercher la possibilité du levé exacte des profils transversaux des grottes à l'aide d'une méthode photogrammétrique.

En profitant des résultats obtenus dans ce domaine par l'industrie minière étrangère, nous avons élaboré un procédé photogrammétrique du levé des profils transversaux qui tient compte, en tous points, des conditions spéciales dans les grottes.

La méthode se base sur le principe suivant:

Dans le plan du profil vertical qui doit être levé, on illumine, sur une largeur nécessaire (1 à 10 cm), la ligne de contour du profil. Pour indiquer l'échelle de l'image du profil et l'orienter et assurer la possibilité de sa transformation, ainsi que pour la possibilité de la connection des images de détail, en cas d'un levé en détails, on fait éclater, dans le plan du profil, quatre points de lumière situés sur les pointes d'un carré à côtés horizontaux, respectivement verticaux d'une longueur connue. Au même temps, pour assurer la possibilité d'une connection avec la mesure linéaire, on illumine par l'éclat d'un point de lumière supplémentaire le point d'intersection formé par le côté du polygone de la mesure linéaire coupant le plan du profil et par le plan du profil lui-même, ainsi qu'à l'aide d'un point de lumière remuable on inscrit sur le plan du profil également le numéro du profil. Si l'on photographie, au diaphragme ouvert pendant les opérations susdites, la ligne de contour continue et rebrousante, ainsi que les points de base, le point d'intersection et le numérotage, mis au point de cette manière, sur la plaque sensible d'un appareil photographique de court métrage situé dans une position quelconque, on obtient une image du profil transversal dont l'échelle est connue et qui est orientable, transformable, assemblable de ses détails et susceptible à la connecter avec la mesure linéaire.

L'illumination des contours de profil, la construction des points de base et du point d'intersection, ainsi que la détermination de la direction du plan de profil s'effectuent par le moyen d'un instrument simple, construit spécialement pour ce but, notamment le photoprofilographe. Dans cet instrument l'illumination des contours du profil, des points de base et du point d'intersection se fait par un collimateur se tournant autour d'un axe horizontal qui peut être nivelé par un niveau d'une sensibilité de 1'. L'indication des points de base est relié au collimateur. La détermination de la direction du plan de profil est effectuée à l'aide d'un compas installé dans l'instrument. Le numérotage des levés est assuré par une barre numérotice, munie d'un commutateur. Tant le collimateur du photoprofilographe que la barre numérotice sont alimentés par une pile de lampe de poche.

Au cours de l'élaboration des levés la transformation peut être effectuée par un agrandisseur spécialisé, garni d'une étagère de transformation. Les levés de détail sont assemblés avec précision à l'aide d'un cadre d'ajustement.

Le photoprofilographe pèse 2,20 kg et ensemble avec l'étagère 7,96 kg.

Selon les images de profil, obtenues par cette méthode, en cas où les levés et leur mise au point sont accomplis soigneusement par le moyen des instruments actuels, la distance entre les points de contour du profil peut être déterminée avec une erreur moyenne de $\pm 1,6$ mm. À la suite d'une comparaison des échelles de profils différents l'erreur moyenne par mètre était de $\pm 0,82$ mm. Cette précision est suffisante, parce que la précision exigée tant pour la spéléologie générale que pour la spéléométrie admet 1 pourcent d'erreur.

En développant cette méthode, nous avons mis tous nos efforts à rendre possible le levé des profils transversaux des grottes par des instruments relativement simples, dans des conditions extrêmement variables, pendant une durée aussi courte que possible, même dans le cas où la courte durée du levé entraîne le prolongement de la durée de l'élaboration.

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПЕЩЕР

Л. МАУХА и И. ТОТ

До сих пор не было никакого метода для точного профилирования пещер. В 1957 г. возникла мысль о возможности решения этой задачи при помощи фотограмметрического метода. Учитывая такие результаты горного дела, мы разработали метод, который во всех отношениях учитывает специальные условия пещеры. В основе нашего метода лежит следующий принцип: В плоскости профиля, подлежащего съемке, в необходимой ширине освещается его контурная линия. Для обозначения масштаба, ориентации и трансформируемости изображения профиля и — при съемке профиля по отдельным его частям — для сопряжения изображений частей профиля, в угловых точках правильного, горизонтального и вертикального квадрата с известной длиной бока осуществляется вспышка четырех световых точек в плоскости профиля. Вместе с тем, в целях обеспечения возможности сопряжения изображений с линейным измерением, еще одной световой точкой освещается также и точка протыкания, образованная пересекающейся плоскостью профиля стороной полигона линейного измерения и плоскостью профиля. Фотографирование полученных таким образом контурной линии, базисных точек и точки протыкания дает такое изображение снимаемого профиля, размеры которого известны и которое может быть ориентировано, трансформировано и смонтировано из отдельных частей. Освещение контуров профиля, а также образование базисных точек и точки протыкания осуществляется специальным, простым прибором — фотопрофилографом. Фотографирование производится при помощи фотоаппарата, заряжаемого мелкокомтражным фильмом. Вес фотопрофилографа — 2,20 кг, со стативом — 7,96 кг. Обработка снимков может осуществляться при помощи трансформирующего станка с увеличителем. Средняя погрешность полученной данным методом точности $\pm 0,82$ мм/м.