

Az első metró építése óta a világ szinte minden nagyobb városában épültek földalatti vasutak. Az építkezés módszerei tökéletesedtek, s az építés meggyorsult. A budapesti Metró építésekor a külföldi eredményeket felhasználtuk, de számos javaslattal, újítással, szabadalommal azokat ki is egészítettünk.

Az elmúlt heti cikkünkben a Metró építésében a tixotrop tulajdonságú bentonitos zagy sokoldalú felhasználásáról, egy új állomásszerkezetről és az állomások szigetelésében alkalmazott új megoldásról számoltunk be. Most az alagútépítés, a vágányrögzítés és az áramellátás hazai eredményeiről szólnunk.

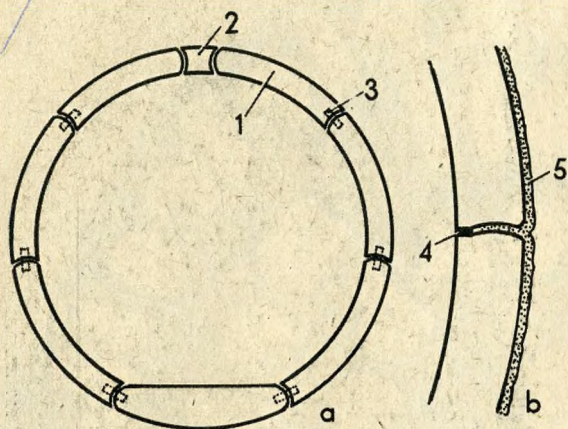
Vasbetonból

A Metró építésének kezdetén a vonali alagutakat a Szovjetunióból importált öntöttvas elemekből — tübbingekből — építették. Ez tartós, vízzáró és nagy igénybevételeket kibíró szerkezet, de meglehetősen drága. A beton sokkal olcsóbb, csak hogy nem vízzáró. Betonból kettős falazatot kell építeni, s a két ré-

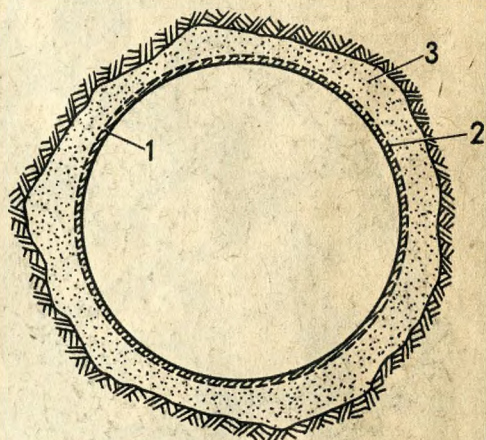
teg közé szigetelést kell helyezni. E kettős falú betoncső költsége már megközelíti az öntöttvas szerkezet árát. Ezért földalattinknak a *Deák tér* és a *Moszkva tér* közötti szakaszára a vonali alagutakat merőben újszerű megoldással tervezték.

A falazat a tübbingekhez hasonló kialakítású, mindenütt egyformán vastag *előregyártott vasbeton* elemekből áll. A nagyon tömör, de mégsem teljesen vízzáró elemek külső és két homlokfelületére különleges összetételű *vékony aszfaltréteget* kennek. A képlékeny aszfalt a beépítés után összefügg, a víz útját mindenütt elzáró bevonatot alkot (1. ábra). Az aszfalt — a szigetelésen kívül — egyéb feladatokat is ellát: az elemek illeszkedését segíti, az egyenlenségeket és a hézagokat kitölti, s a homlokfelületeken megosztja a terhelést. (Ez különösen fontos, mert a pajzs előrehaladása közben hidraulikus sajtóival ezekre a felületekre támaszkodik és nyomja magát előre.)

Balogh József szigetelési eljárása mintegy 30 százalékkal csökkentette a vonali alagútépítés költségeit. A meg-

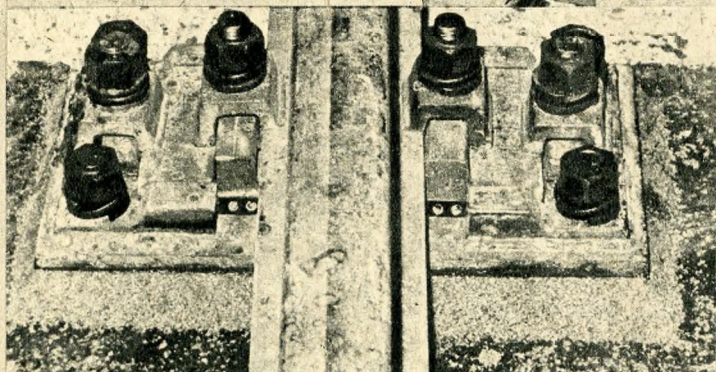
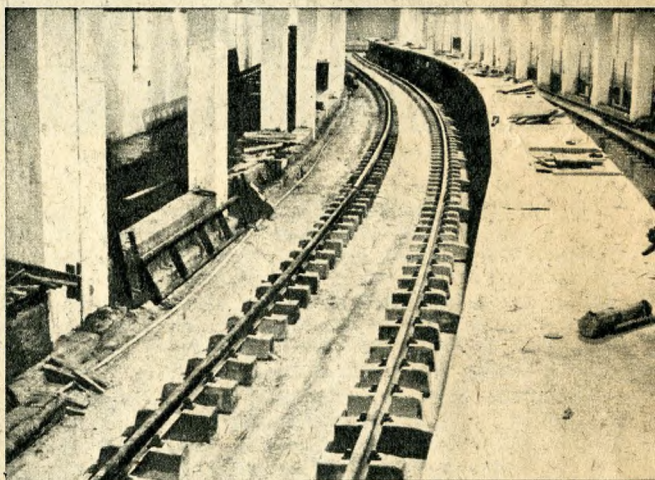
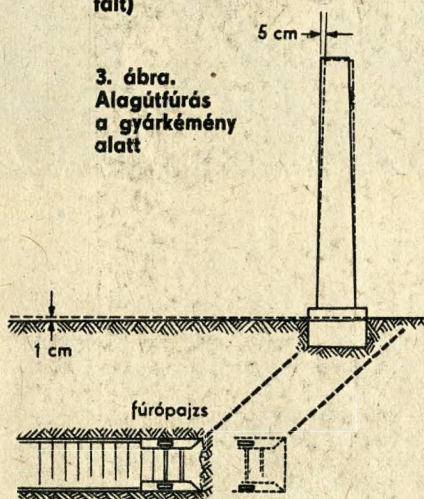


1. ábra. Vasbeton blokkos alagútfalazat (a) és a falazat egy részlete (b). (1: alagútgűrű; 2: záróelem; 3: acéltűske; 4: duzzadó cement; 5: aszfalt)



2. ábra. Szivattyúzott alagútfalazat (1: vasbeton köpeny; 2: vaslemez szigetelés; 3: az acélemezhenger és a talaj közé szivattyúzott beton)

3. ábra. Alagútfúrás a gyárkémeny alatt



A sín rögzítése (fent): a Metró keleti szakaszán (Karai Sándor felvétele); (lent balra): a Metró nyugati szakaszán (Szárász Bertalan felvétele)

épült szakaszok teljes mértékben igazol-
ták az elgondolás helyességét. Külföldi
vállalatok részéről máris élénk érdeklő-
dés mutatkozik iránta.

Szivattyúzott alagút

A Moszkva tér és a Déli pályaudvar
közötti vonalszakaszon egy másik, telje-
sen eredeti alagútszerkezetet javasoltak
a kivitelező vállalat újítói, Csépe Csa-
ba, Forstner Miklós, Kemény Csaba és
Ullrich Zoltán. Az alagútak ott szikla-
szerű, kemény márgarétegben halad-
nak. Ez lehetővé tette, hogy az alagút
teréből a talajt a teljes keresztmetszet-
ben egyszerre fejtsek ki, persze, mindig
csak néhány méter hosszúságban. A ki-
fejtett üreg aljába betont lapátoltak, és
arra 3 mm vastag acéllemezből készült
hengert fektettek, amelynek belmérete
valamivel nagyobb volt az alagút vég-
leges méreténél. Most a henger és a ki-
fejtett üreg közötti térbe betont szivaty-
tyúztak, s ezzel létrehozták az alagút fa-
lázatát (2. ábra). A henger tehát zsalu-
zatként szolgált, de mert az acélhenger
összefüggő és vízzáró test, egyszersmind
szigetel is. Most már csak a hengeren
belül kellett egy vasbeton bélést építe-
ni, amely részben megtámasztja, rész-
ben a rozsdásodástól védi az acéllemezt.

E szerkezet — láttuk — kétrétegű. Ez
persze többelköltöset jelent, de ennek
jó részét kiegyenlítette az a lehetőség,
hogy az állékony kőzet jóvoltából egy-
szerre lehetett körben az alagút kerüle-
tén a betonozást végezni, s a betonozás-
ra nagy teljesítményű betonszivattyút
lehetett beállítani, ami nagy idő-, tehát
pénzmegetakarítással is járt.

Mégis felvetődhet a kérdés, hogy
miért nem építették ott is előregyártott
elemekből a falazatot. A válasz a talaj
különbözőségében rejlik. Az alagút a vonal
legnagyobb részén agyagrétegben
halad, amelybe a pajzs szabályos, hen-
ger alakú üreget vág. Ilyen üregben
könnyű elhelyezni az előregyártott fa-
lázatot, csak néhány helyen kell ékelést
alkalmazni egy-egy elem és a föld kö-
zött. A márgát — ezt a sziklaszerű kő-
zetet — robbantással fejtik. Emiatt az
üreg meglehetősen szabálytalan lesz, s
így külön állványzat kellene a falazatot
alkotó gyűrű egymás után beépítésre
kerülő elemeinek összefogásához, amíg
a mögötte maradt szabálytalan úrt be-
tonnal ki nem töltik. Az acélhengert el-
lenben könnyű merevítő szerkezetével

együtt gyorsan beállíthatják, s a beto-
nozás szinte megszakítás nélkül, len-
dületesen haladhat.

A gyárkémény

Az alagútépítés a felszíni épületek mi-
att is kényes munka, mert az épülő ala-
gút fölött a talajfelszín az épületekkel
együtt mindig süllyed 2—3 cm-t. Nos, a
Baross térről a Népstadion állomás felé
induló egyik pajzsnak pontosan egy 40
m magas gyárkémény alatt kellett elha-
ladnia. Egy ilyen magas és kis alapterü-
letű építmény mozgását az óramutató-
éhoz hasonlíthatjuk. A tövénél átvett kis
mozgás a hegyénél sokszorozottan érvé-
nyesül. Várható volt tehát, hogy ha
a kémény egyenlőtlenül — csak 1—2 cm-
nyi különbséggel is — süllyed, ez a ké-
mény tetején már deciméteres elmozdu-
lást fog okozni.

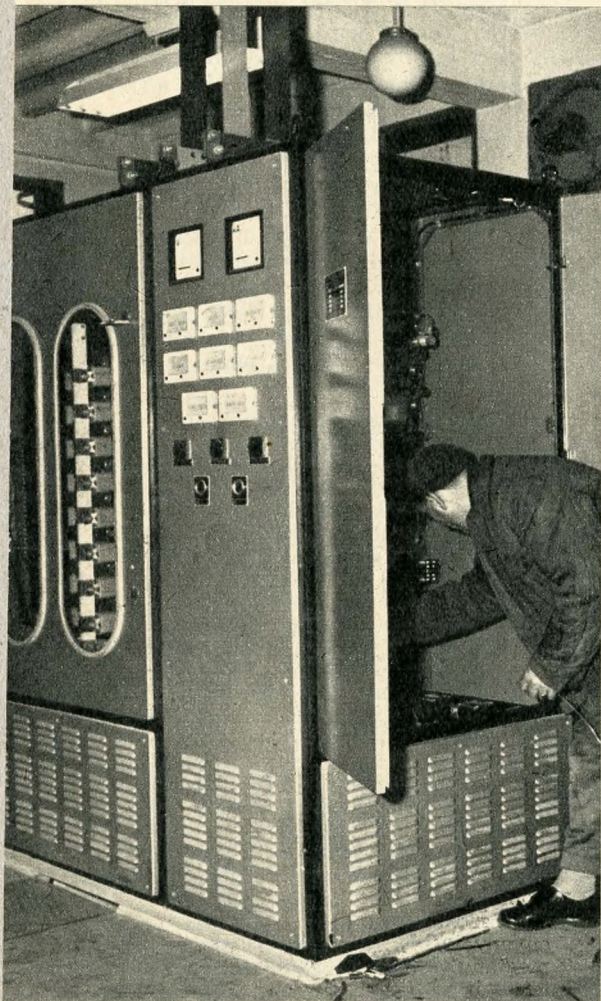
A probléma megoldása egyszerű, fel-
tétve, hogy nagy óvatossággal járunk el.
A talaj süllyedését elsősorban az okoz-
za, hogy a pajzs, illetőleg az alagút
körül kisebb üregek, rések maradnak,
amelyeket a rá nehezedő föld kitölt: a
talaj lesüllyed. Ha azonban a kifejtett
üreg körül a földet a helyén tudnák
tartani, a süllyedés csak elenyésző nagy-
ságú volna. A feladat tehát az volt, hogy
a pajzs csak éppen akkora üreget ké-
szítsen, amekkora okvetlenül szükséges,
és hogy a falazat elkészülte után a fala-
zat és a föld között a legnagyobb gond-
dal és a lehető legtömörebben töltsék
ki a legkisebb rést is. A feszesen meg-
szervezett és nagy gonddal végzett mun-
ka meghozta a gyümölcsét. Amikor a
pajzs odáig jutott el, hogy hatott a ké-
mény alapjára, a kémény finoman
megdőlt a pajzs irányában, mintha üd-
vözlné őt. Néhány mappal később,
amikor a pajzs túljutott a kritikus
szakaszon, a kémény újra felegyenesedett,
és azóta is pontosan függőleges hely-
zetben áll (3. ábra).

Rugalmas alátámasztás

Aknákról, alagutakról beszéltünk ed-
dig. Nézzünk most körül egy kissé az ala-
gút belsejében.

Az alagútban nem célszerű a felszíni-
hez hasonló vágányt alkalmazni: ott az
alagút szilárd betonjára is rá lehet he-

lyezni a vágányt, főleg a költséges ágyazat. Másrilyen a sínek rögzítése is. A felszínen a talpát, ha elkorhad, oldalsó irányban egyszerűen kihúzzák, és újat tolnak be helyette. Az alagútban



Nagy teljesítményű szilícium-diódás egyenirányító a Deák téren

nincs oldalt annyit hely, hogy ezt meg lehetne tenni, sőt az alagútban egyáltalán nem lehet a síneket forgalmi időben szerelni, mert a munkások nem tudnak biztonságos távolságra elhúzódni a vágánytól, arról nem is beszélve, hogy ilyenkor a vágány mellett fekvő áram-

vezető sín feszültség alatt van, s ezért még a közelében sem szabad tartózkodni. A sínek olyan lekötésére van tehát szükség, amely nagyon gyorsan oldható, az új sín elhelyezése után pedig ugyanilyen gyorsan megint meghúzható.

Ezeket a követelményeket a vonalelső szakaszán dr. Gajáry József, Gots Ottó, Stefanec Gyula és Szász Marcell javaslata alapján elégítették ki. Ott a talpák feszített betonból készültek, de nem összefüggők: mindkét sín alatt csak egy-egy rövid tuskó fekszik, kihúzása így nem okoz gondot. A vágány alátámasztásának persze nemcsak szilárdnak, hanem rugalmasnak is kell lennie. A rugalmas alátámasztás fokozza az utazás kényelmét — nem ráz a vonat. Persze a rugalmas alátámasztás nemcsak a kényelem szempontjából kívánatos. Ha a vonatok simábban járnak, kevésbé kopnak a sínek és a szerelvények kerekei, s a rezgések tompulása miatt lassabban használnódnak el a kocsik különféle alkatrészei is.

A betonágyazat persze nem olyan rugalmas, mint a felszíni vasutak zúzottkő ágyazata, és a beton talpja is jóval ridegebb a fánál. E hátrányokat a vágány többi részének a fokozott rugalmasságával kell ellensúlyozni: a sín alá műanyag alátétlemez kerül, a síncsavar egy gumitömb közbeiktatásával szorítja le a sínt a betonra, és maga is rugózik, mert menetes része műanyaggal van borítva.

A forgalom megindulása után végzett mérések mégis mutatták, hogy a vágány rugalmassága nem éri el a hagyományos felszíni vágányét. Ezért a vonal másik felén — a Deák tér és a Déli pályaudvar között — a Budapesti Műszaki Egyetem Vasútépítési Tanszékének a javaslatára más eljárást alkalmaztak. Ott a betonrész egyszerűbb a korábbiánál: a talpja már teljesen elmarad, s a sínek acél alátétlemezei egy műanyag habarcsréteg (Icosit nevű műgyanta és homok keveréke) közvetítésével az alagút fenekét kitöltő betonon fekszenek. (Ez egyszerűsíti a vágány fektetését is.) Így a vágány — az előzetes vizsgálatok szerint — annyira rugalmas, hogy az utazóközönség a vonal keleti, majd nyugati szakaszán utazva érezheti is a régi meg az új lekötési módozat közötti különbséget.

A földalatti vasútnak sokkal több gépi és villamos *segédberendezése* van, mint a felszíninek. A mélyben végzett hűtéshez, takarításhoz, esetleg tűzoltáshoz szükséges vizet mind vissza kell nyomni a felszínre. A sok föld alatti helyiséget mesterségesen kell *szellőztetni*. A mozgólépcsők, a szivattyúk, a szellőzőgépek, a jelző- és a biztosítóberendezés működtetéséhez, a vontatáshoz és a világításhoz kiterjedt *villamosvezeték-hálózatra*, kapcsolókra és áramátalakítókra van szükség.

A félvezetős egyenirányító

A földalatti vasút az Elektromos Művek hálózatáról 10 000 volt feszültségű *váltóáramot* kap. A motorkocsik hajtásához ellenben 825 volt feszültségű *egyenáram* kell. A kapott áramot tehát át kell alakítani, *egyenirányítani* kell. A régebbi földalattikon az egyenirányítást *higanygőzös egyenirányítókkal* végzik.

A higanygőzös egyenirányító bonyolult, érzékeny szerkezet. Üzembe helyezéséhez *segédberendezésekre*, amelletts állandó felügyeletre és hűtésre van szükség.

1961-ben a *Villamos Berendezés és Készülék Művek* Anód és Áramirányító Gyára az Út-, Vasúttervező Vállalat kezdeményezésére programjába vette nagy teljesítményű *szilícium-diódás egyenirányítók** kifejlesztését.

A hamarosan sorozatgyártásra került hazai szilícium-diódás egyenirányító minőségileg egy szinten áll a legjobb külföldi termékekkel. Kezeleni, karbantartani és hűteni alig kell, s személyzet nélkül, távműködtetéssel is üzemeltethető. Hatásfoka a higanygőzös egyenirányító 90 százaléka helyett 98 százalék. A föld alatt kis méreteiért becsülik legjobban. 50—60 százalékkal kevesebb helyet foglal el a higanygőzös szerkezetnél. Az alagútban egy légköbméter tér kiépítése 5000 Ft-ba is belekerülhet, a megtakarított tér tehát nagy érték.

A sok fejtörés és hosszú, fáradságos munka gyümölcse: *első modern földalatti vasútvonalunk készen áll*. Megnyitásakor büszkeséggel emlékezünk azokra, akik megalkotásában, létrehozásában kiemelkedő eredményt, sikert értek el.

Enyedy László
okl. mérnök