





kell készíteni. Ezt az alagút viszonyai között nehéz elérni, a felület kiszáritása huzamosabb időtartamra nem oldható meg. A felület előkészítésénél a vakolat alatt szivárgórendszert is kell építeni, hogy a felragasztott réteg idő előtt ne érintkezzen a talajvízzel. A tapasztalatok azt mutatták, hogy a felragasztott 4 rétegű szigetelés mögött helyenként vízpára és víztömeg gyűlt össze, melyek a szigetelést deformálták, még mielőtt a szigetelést megtámasztó belső teherhordó bélést beépítették volna. A feltáskásodott, deformálódott szigetelés a betonozás folyamán rendszerint megsérül és így a víz-zárás folytonossága megszűnik. A kedvezőtlen tapasztalatok miatt a feketeszigetelést a mélyvezetésű műtárgyaknál nem alkalmazzák. Felhasználásra került azonban a kéreg alatti keret-alagutaknál, továbbá közvetlenül a felszín alatti műtárgyak külső szigetelésésként.

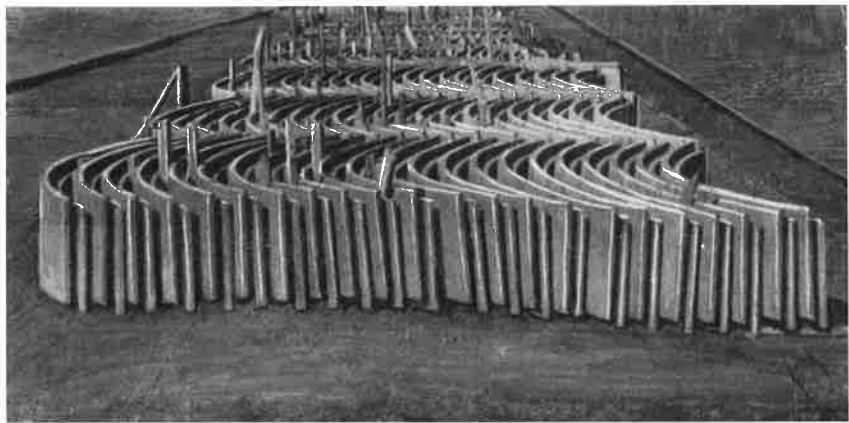
A feketeszigetelés kizárásával felvetődött a kérdés: milyen szigetelési móddal helyettesíthető a feketeszigetelés. A feladat megoldására UVATERV pályázatot írt ki, de a pályázat eredményeitől függetlenül is számos javaslat született.

Az alábbiakban a bevezetésre került szigetelési módokat ismertetjük.

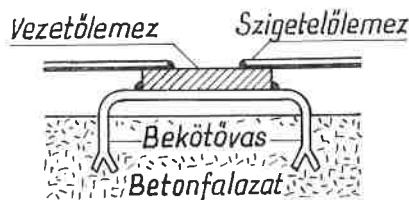
d) **Öntött aszfalt-szigetelés.** Az irodalomban az öntött aszfalt-szigetelési mód ismert, azonban nem volt példa arra, hogy vizes falfelület esetében milyen módon alkalmazható. Szerző előzetes kísérlete alapján igazolódott, hogy az aszfalt vizes körülmények közt is hidegfolyásánál fogva vízzáróvá válik. A vízzáró hatás abban az esetben sem maradt el, ha a forró aszfaltot a hézagban összegyűlt vízbe öntötték.

Jó eredményeket értek el öntött aszfalttal a szerző tervei alapján a földalatti mélyaknái szigetelésénél. Porszáraz szigetelést nyújt. Az aknában a szigetelendő felületen belül előregyártott elemeket helyeztek el. Az elemek és az aknafal között 4—5 cm vastag hézagokat alakítottak ki. Az 50 cm magas előregyártott elemeket cementhabarcsba rakva helyezték el.

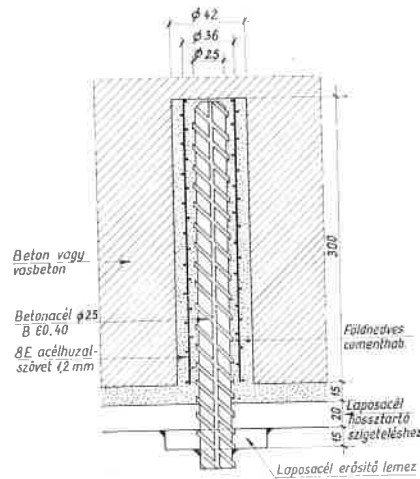
A gyűrűként elkészült belső falazat és aknafal közé kb. 120—140 °C hőmérsékletű aszfaltot öntöttek. Az aszfalt súlyánál fogva a hézagot teljes mértékben kitöltötte és tökéletes vízzárást biztosított. A tapasztalat szerint az akna falából építés közben odajutó vízre ez a szigetelési mód nem érzékeny. A földalatti vasútnál három akna szigetelését készítették el a fenti módon. A szigetelés fajlagos költsége a leg-



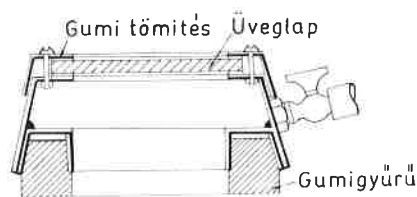
5. ábra Előregyártott elemek



6. ábra Vezető lemezcsíkok bekötése az alagút-falba



7. ábra Az alkalmazott horgony szerkezete



8. ábra Varratvizsgáló vákuumszekrény metszete

kisebb volt, a porszárazságot biztosító szigetelési módok közül.

e) **Acéllemez-szigetelést** a földalatti vasútnál 1958 óta alkalmaznak víznyomás alatti műtárgyakon, tehát nagy felületeken. Ennél a szigetelési módnál a felület előkészítése egyáltalán nem követelmény, nedves és egyenlőtlen felület esetén is alkalmazható. Az acéllemez szigetelő réteggé váló alkalmazása a hibalehetőségek számát erősen csökkentette.

A vaslemez-szigetelést két nagy csoportba oszthatjuk:

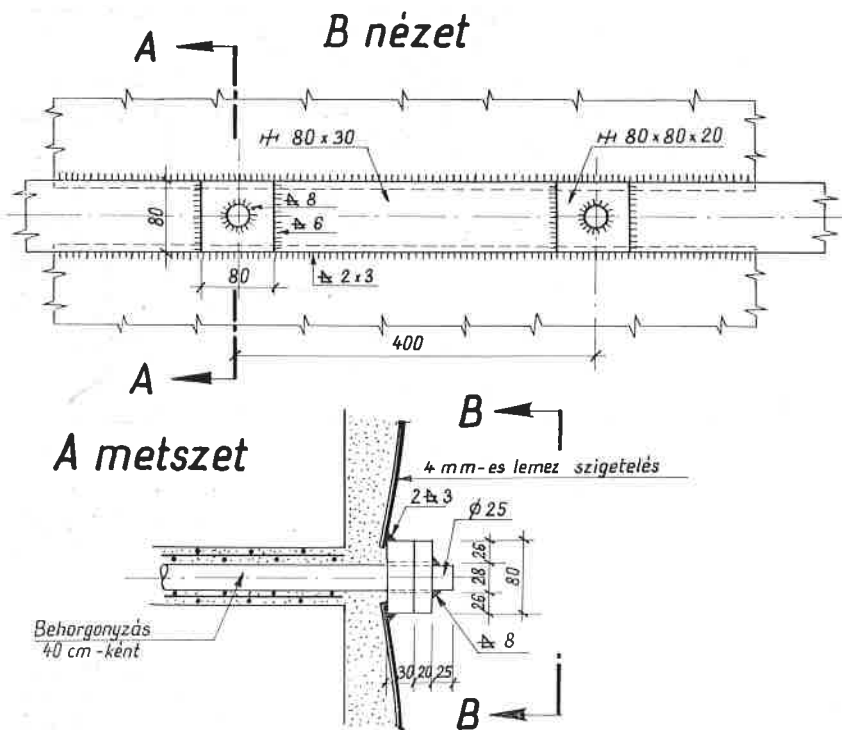
α) a belső köpennyel megtámasztott vaslemez-szigetelés,

β) a behorgonyzott vaslemez-szigetelés.

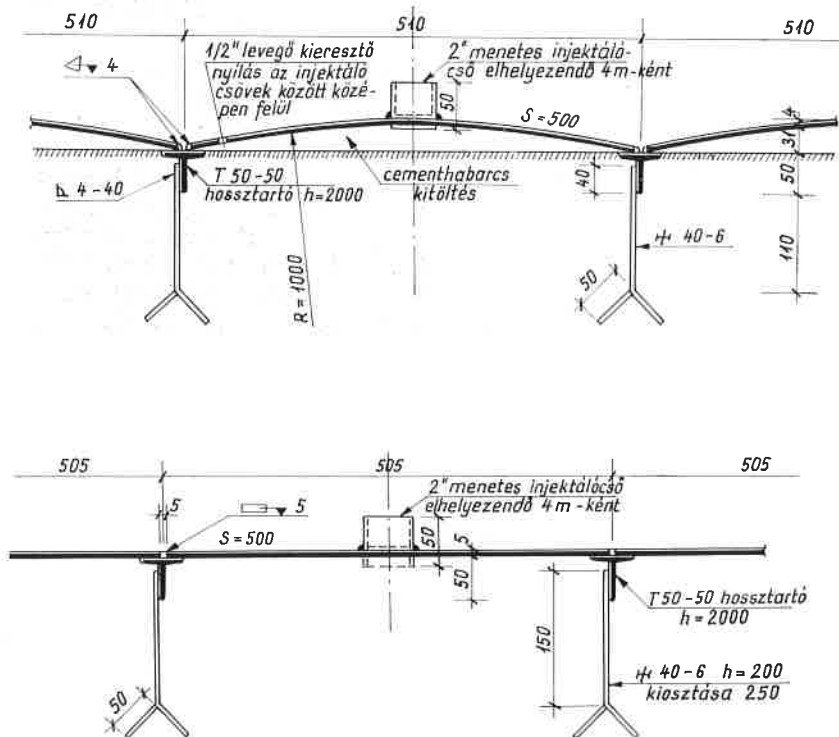
α) **A belső köpennyel megtámasztott szigetelés,** a víznyomás elleni feketeszigeteléshez hasonló szigetelési mód, azzal az eltéréssel, hogy a feketeszigetelő-réteg helyett hegesztett vaslemez-réteget alkalmaznak.

Feketeszigetelő-réteg helyett a vaslemez alkalmazásának legényegesebb előnye az, hogy az illesztések szakaszosan megvizsgálhatók, továbbá a szigetelés vízzárósága ellenőrizhető még a megtámasztott szerkezet betonozása előtt. A vaslemez szigetelésre való alkalmazása nem ismeretlen módszer, ezt számos külföldi példa bizonyítja, mégis jelentős újat képez a budapesti földalatti vasút megépített betonműtárgyainak vaslemezszigetelés-szerkezete.

A szigeteléshez szabványos méretű 1000 × 2000 × 3 vagy 4 mm-es vaslemezeket alkalmaznak. A szigetelési munkák során biztosítani kell a felületen folyó víz elvezetését. A vaslemezek nem illeszthetők pontosan a műtárgyak falához, ezért a vaslemez-réteget nem fektetik közvetlen a szigetelendő felületre, hanem minimálisan 2—3 cm távolságot hagynak a vaslemez és a felület között. Ezt a távolságot alkotó és gyűrű irányú vezető lemezcsíkokkal biz-

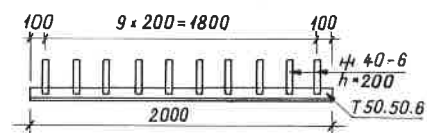


9. ábra Utólagosan elhelyezett vaslemez-szigetelőréteg szerkezete



10. ábra T tartós behorgonyzott íves vaslemez-szigetelés

11. ábra Bekötőkarom kiosztása



tosítják, amelyeket a betonfalazatba beerősített bekötő vasakra hegesztéssel rögzítenek. A vezető lemezcsíkok a terv szerinti geometriai méreteknek megfelelően nyernek elhelyezést.

A nagy táblájú szigetelőlemezeket a hálós elhelyezésű vezető lemezcsíkokra először csak helyenként hegesztik fel, majd a szigetelőtábla rögzítése után elkészítik a folytonos szigetelővarratot is. Mivel a vaslemez-szigetelés minőségének egyetlen lényeges feltétele a lemezek vízzáró illesztése, ezért különös gondot fordítanak a varratok vízzáróságának vizsgálatára. A varratok vizsgálatánál különféle módszereket alkalmaztak: petróleumos-, röntgen-vákuumos vizsgálatok stb. A vizsgálatra legjobb módszernek a vákuumos varratvizsgálat bizonyult. Ennek a vizsgálatnak lényege, hogy a varratot szappanos oldattal bekenik, majd légmentesen záró gumifelfekvéssel ellátott szekrényel leborítják a varratszakaszt, s a szekrényből a levegőt vákuumszivattyúkkal eltávolítják 0,6 atm vákuumnyomást állítva elő. A szekrény felső üveglapján át megfigyelhető, hogy a keletkezett vákuum irányában szűrődik-e át levegő, azaz a szappanbevonaton keletkezik-e buborék.

A betonfalazat és a vaslemez közötti hézagot az alagút alsó falán még a betonozás előtt cementlében forgatott kavicsal töltik ki. A teljes felületre felhegesztett vaslemez-szigetelésen belül építették meg a belső megtámasztó vasbetonköpenyt, mely a talajnyomásának felvételére szolgál. A vasbetonköpeny betonacél hálóját előregyártott formában helyezték el, így a föld alatt végzendő vasszerelési munka minimumra csökkent.

A betonozás első lépéseként a fenékbetont készítették el. Az így megkötött fenékbetonra zsaluzókocsit állítottak, amely leszerelhető zsaluzóköpenyt tart. A zsaluzókocsi megtámasztása mellett alulról felfelé végezték a köpeny betonozását, pasztikus konzisztenciájú betonnal. A betonköpeny szilárdulása, illetve zsugorodása után a vaslemez és a köpeny között keletkező zsugorodási hézagot, továbbá a vaslemez és a szigetelőbetonszerkezet közötti hézagot is utólag cementtejjel kiinjektálták.

A vasbetonköpeny által védett vaslemez korrózióvédelméről külön nem kellett gondoskodni, mivel a betonréteg biztosítja azt a lúgos közeget, amely általában megvédi a vasat a korróziótól. Biztonságból és egyes speciális korróziós esetek kiküszöbölése céljából a vasbetonköpeny betonjába, továbbá a hátsó tért kitöltő habarcsba

a cement súlyára vonatkoztatott 2% nátriumnitrítet kevertek.

β) **Behorgonyzott vaslemez-szigetelés.** Az alagutak és a többi víznyomás alatti mély műtárgyak építési sorrendje rendszerint az, hogy a külső betonszerkezetet elkészítik, a szigetelési munkálatokat pedig csak ezt követően. Számos esetben megállapították, hogy a műtárgyba vasbeton védőköpenyes vaslemez-szigetelésre nem áll rendelkezésre elegendő hely.

Ismeretes volt az is, hogy a víznyomás alatti műtárgyak falait általában víznyomás felvételére is méretezték a földnyomáson kívül. Mivel a szigetelést védő betonköpenyt is víznyomásra kell méretezni, a víznyomás elleni kétszeres méretezés indokolt. A belső köpeny részére hiányzó hely és a víznyomás elleni kétszeres méretezés kiküszöbölésének igénye egy új szigetelési mód: „Húzásra igénybe vett fémlemez-szigetelés” feltalálásához vezetett, mely a szerző Balogh József, valamint Surányi György okl. mérnökök szabadalma.

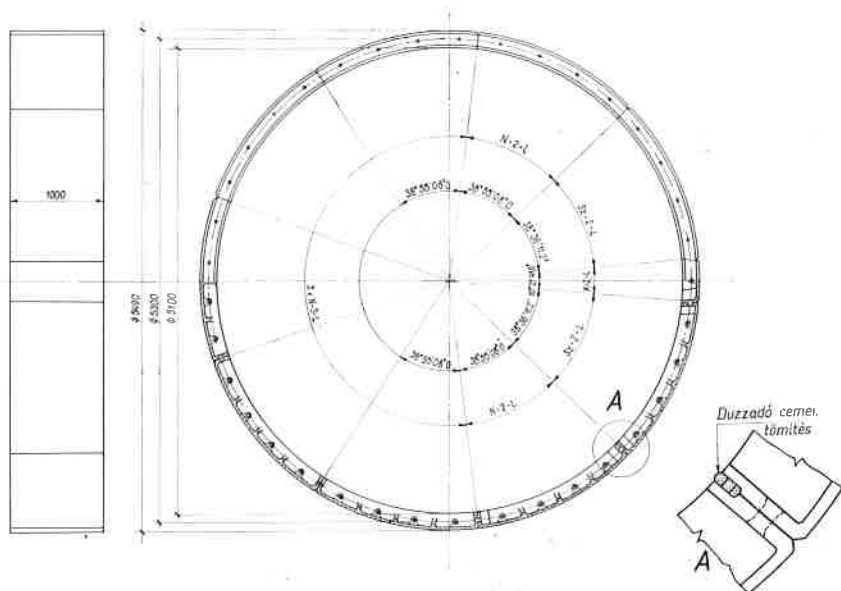
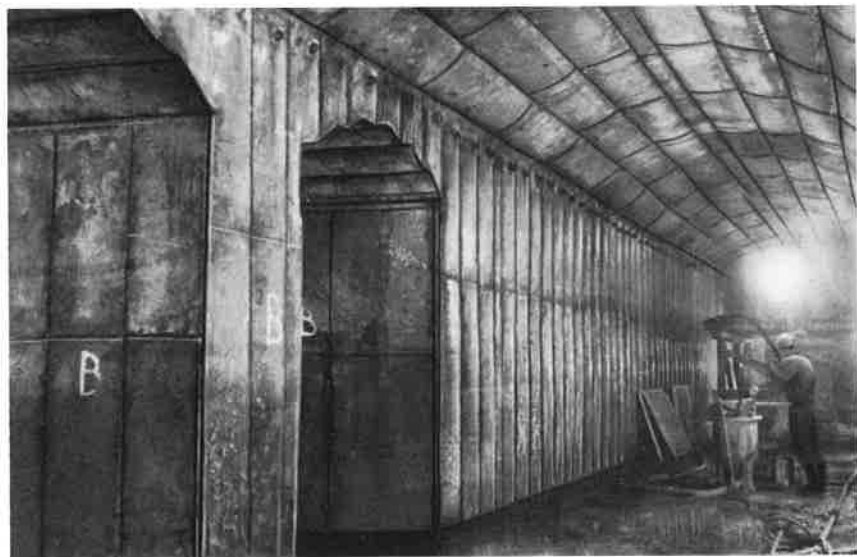
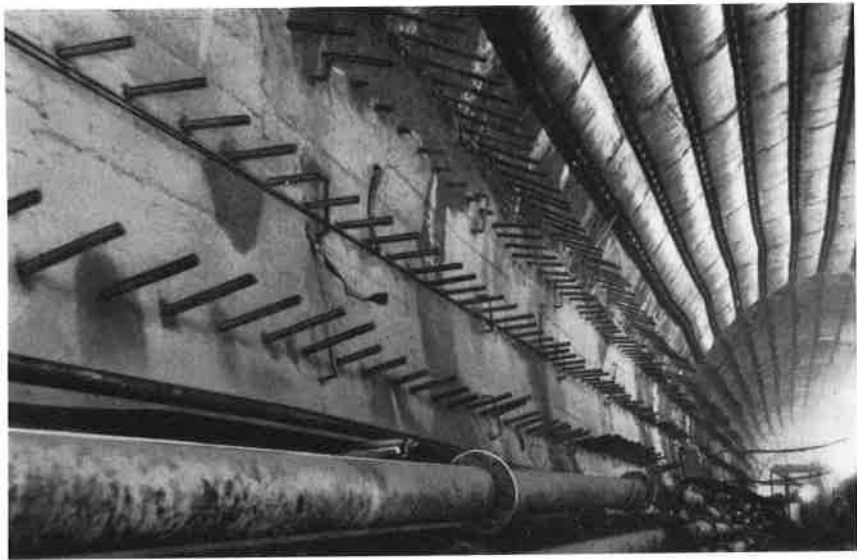
Ennek a szigetelési módnak lényege, hogy a szigetelő vaslemezeket a műtárgy belső oldalán mint húzott elemeket kötik be a teherhordó műtárgyba. Ezáltal a vaslemezborítás a ránehezülő külső víznyomást a bekötések útján a külső teherhordó falnak adja át. A lemezeket a belső tér felől nézve domború alakban (konvex) helyezik el és hegesztik fel a bekötő vonal mentén. A falazat és a vaslemez között ilyen módon kialakított teret cementhabarccsal töltik ki. Ezzel az eljárással gazdaságos szigetelőszerkezet alakítható ki, mert a belső megtámasztó fal elmarad, a vaslemez-szigetelő-réteg pedig kis helyet foglal el.

A behorgonyozott vaslemez-szigetelések két csoportra oszthatók:

az utólagosan elhelyezett acéllemez-szigetelés,

a szerkezet betonozása előtt elhelyezett és a zsaluzási igényeket is kielégítő szigetelés.

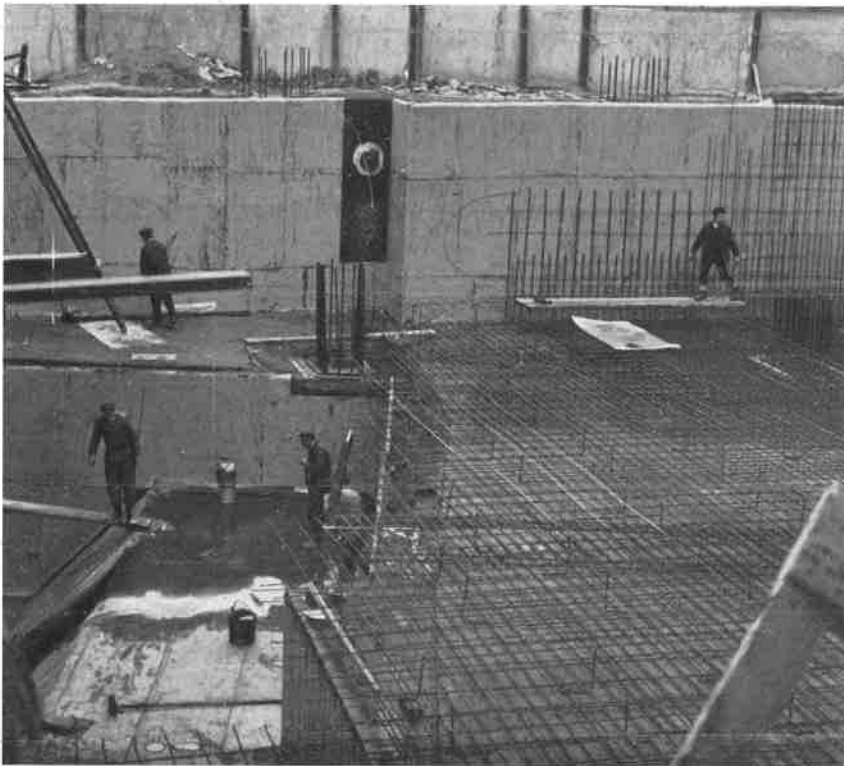
Az utólagos vaslemez-szigetelési módnál behorgonyzó elemekkel idomacél-szelvényt erősítenek fel a falazatra, ehhez hegesztik a dongaszerűen kialakított acéllemezeket, majd a dongale-



F e n t :

12—13. ábra Astoria-állomás íves vaslemez-szigetelése

14. ábra Tübing-alagút horonyszigeteléssel



15. ábra Rhepanol-szigetelés

mez és a falzat közötti hézagot cementhabarccsal töltik ki. A vaslemez külső felületének korrózióvédelmére hálóval erősített torkkrét réteget hordanak fel.

A horgonyok erőfelvétele bizonyosságának megállapítására erre a célra készített hidraulikus húzóberendezést alkalmaztak. Ez a szigetelési szerkezet különösen kedvezőnek bizonyult — az utólagosan elhelyezendő szigetelés esetében — nagy sík felületeken.

A zsaluzatként használt acéllemez-szigetelések közül említésre méltó az acéltepsis-szigetelési szerkezet.

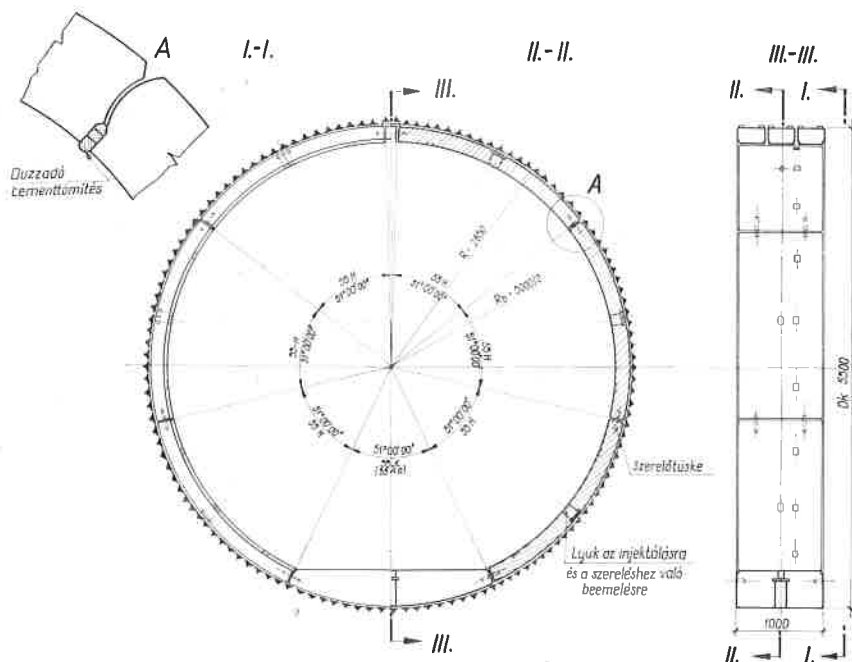
Rendkívül jó tapasztalatokat szereztek a műtárgy betonozásával egyidőben bebetonozott T tartókkal, mert ezek elhelyezése viszonylag egyszerű és a zsaluzatra erősíthetők fel. A betonműtárgy elkészítése után ezekre a T vasakra donga alakú szigetelő acéllemezeket hegesztettek fel. A szigetelő acéllemez sík alakú is lehet. A betonműtárgy és szigetelőlemez közötti űrt utólag cementhabarccsal kiinjektálják.

Ennek a megoldásnak legnagyobb előnye, hogy bármilyen geometriai alakzatú felületen elhelyezhető és rendkívül gazdaságos abban az esetben, ha a betonműtárgy kialakításánál már a tervezés során számításba veszik, hogy a szigetelőszerkezet helyszükséglete minimális, vagyis a betonműtárgy kisebb méretekkel építhető meg.

Az egyéb acéllemez-szigetelések közül említésre méltó a zsaluzatként alkalmazott acéltepsis-szigetelési szerkezet, melynél a bordás acéltepsit 5 mm-es lemezből készítették és csavarokkal illesztették össze. Az illesztések között elhelyezett azbesztcementlapot utólag eltávolították és duzzadó-cementtel tömítették. Ez a szerkezeti kialakítás nem hozta meg a várt eredményt, a bordák közötti hézagot utólag vaslemezcsikkal kellett lehegeszteni, hogy garantált vízzárást kapjanak. Hátrányosan jelentkezett dúcolt munkatérben és a tepsik bekötő karmainak elhelyezése is a betonfalazat acélbetétjei közé.

f) **A műanyagszigeteléssel** kapcsolatban kiforrott megoldás nem alakult ki a budapesti földalatti vasút műtárgyainál. Ebből a célból végzett kísérletek nem záruktak kedvező eredménnyel. A kísérletekben elsősorban üvegszálás poliészter, nerolin, PVC lemezek szerepeltek. Csak az utóbbi években vezettük be néhány műtárgyunknál a nemzetközileg ismert Rhepanol műanyagszigetelést. Ezzel kapcsolatban évekre visszanyúló, értékelhető tapasztalataink még nincsenek. A tervezés és kivitelezés során egyértelműen meg-

16. ábra Előregyártott vasbeton-alagút horonyszigeteléssel



mutatkozott, hogy a Rhepanol-lal készülő szigetelés kényes, a meghibásodási veszély a készítés folyamán nagy, a szigetelőréteg védelméről egyéb rétegekkel gondoskodni kell. Költsége a feketeszigetelés és a vaslemez-szigetelés között adódik. Jövőbeni felhasználását nagymértékben növeli az a tény, hogy a magyar ipar is elkezdte gyártani a vele egyenértékűnek ígérkező szigetelőanyagot „Neoacid” elnevezéssel.

### Hézagszigetelések

A vízzáró elemek (tübingek, előregyártott vasbeton falazóelemek) anyaga vízzáró, a szigetelés feladata tehát csak az, hogy a tübingek közötti hornyokat és a tübingeket összekapcsoló csavarok nyílásait tömítsék, illetve a falazóelemeknél a hornyokat lezárják. Öntöttvas tübingeknél a horony tömítésére ko-

rábban kiterjedten használták az ólomzsinórt, melyet tömörítő eszközzel dolgoztak be a horonyba. A csavarlyukakat pedig azbeszttbitumenes alátétkarikákkal szigetelték. Később az ólmot a duzzadócementes horonytömítés váltotta fel. Ez lényegesen olcsóbb, mint az ólomtömítés. A duzzadócementes tömítés előtt a hézagot fémtisztára kitisztítják, a hornyot víz-sugárral locsolják, majd a duzzadócementet 3—4 rétegben pneumatikus szerszámmal bedolgozzák. A duzzadócement olyan keverék, melynek 73%-a bauxitcement, 25%-a gipsz és 2%-a méshidrát. A méshidrát adagolása 1/10%-os pontosságot igényel.

A duzzadócement gyorsan köt, ezért egyszerre csak kis mennyiséget kevernek belőle. A duzzadás következtében a bedolgozott cement befeszül a horonyba, tömörsége fokozódik. A letisztított felülettel jól összeköt. Az öntöttvas tübingek csavarkapcsolatainál,

a csavarok szigetelésére újabban — az előkísérletek sikerei alapján — PVC-ből készült alátétkarikákat alkalmaznak. A PVC karikák 10 esztendő óta megfigyelés alatt állnak és kedvező eredményt mutatnak.

Az előregyártott vasbeton falazóelemek hornyainak tömítését ugyancsak duzzadócementtel végzik. A duzzadócement bedolgozása azonban lényegesen kényesebb, mint az öntöttvas tübingek esetében, mivel a betonban könnyebben keletkezhetnek a tömörítés hatására hajszálrepedések.

Az előzőekben ismertetett szigetelési módok alkalmasak voltak a metró műtárgyai legváltozatosabb kialakítású felületeinek szigetelésére. A vaslemez-szigetelés például új állomástípus, az ötszöves állomás kialakulását segítette elő. Az elért eredmények még merészebb kialakításokra bátorítják a jövőben készíthető műtárgyak tervezőit.

József Balogh:

### ENTWICKLUNG DER BEI DEN BAUBJEDTEN DES BUDAPESTER METRO VERWENDETEN WASSERDICHTUNG

Beim Bau des Budapest Metro war es — infolge der hydrologischen Unterbodenstruktur nicht möglich ausländische Dichtungsverfahren zu verwenden, deshalb sollten neue Dichtungsmethode ausgearbeitet werden.

Die Bauobjekte der tiefgeführten Linienstrecken verlaufen im allgemeinen in einer Tiefe von 30 m im harten, schlechtigen, mit Sandadern eingewobenen Marschboden und dementsprechend wurden die Dichtungen für einen Wasserdruck von etwa 3 kp/cm<sup>2</sup> vorgesehen.

Die Bauobjekte wurden im allgemeinen aus Beton oder Stahlbeton ausgeführt.

Die verwendeten Dichtungen wurden vom Autor auf Flächen- und Fugendichtungen aufgeteilt.

Innerhalb der Flächendichtungen legt er die folgenden klar: Die Massendichtung, die bei den Bauobjekten aus dickem Beton oder aus Stahlbeton verwendet werden kann, wobei auch die Plastiziermaterialien — unter Berücksichtigung der Betonzusammensetzung — die Wasserdichtigkeit fördern.

Aus Putzdichtung kann am erfolgreichsten das Torkretverfahren verwendet werden. Voraussetzung des Erfolges der Torkretarbeiten ist, dass das Material auf unbewegliche Betonfläche aufgetragen werden soll und dass der Verbindungsstahl der verschiedenen Konstruktionen noch bevor den Dichtungsarbeiten in die Wand eingelassen werden soll. Die Dichtung mit Torkretputz wird weitverbreitet auch bei Linientunnels und bei sonstigen Bauobjekten gebraucht.

Beim Bau des Budapest Metro wurden schlechte Erfahrungen mit der Dichtung bei den Bauobjekten unter Wasserdruck gemacht. Die zur Schwarzdichtung erforderliche Trockenwandfläche konnte nicht gesichert werden, eben deshalb wird die Schwarzdichtung bei den in Tiefe gebauten Bauobjekten nicht verwendet.

Gute Erfolge wurden bei den Tiefschächten des Metro durch Gussasphaltdichtung erzielt, die aufgrund der Projekte des Autors ausgeführt wurden. Zwischen der Wand der abzudichtenden Schacht und dem vorgefertigten Innenring wurde eine 4—5 cm dicke Asphaltenschicht gegossen. Diese Dichtungsmethode ist auf Wasser nicht empfindlich, gibt eine staubtrockene Dichtung, der Kostenaufwand ist gering.

Die Stahlblechdichtungsverfahren werden vom Autor in zwei grossen Gruppen verhandelt. Die mit Innenmantel aufgelagerte Stahlblechdichtung ist der Schwarzdichtung ähnlich, jedoch mit dem Unterschied, dass anstelle der schwarzen Dichtungsschicht eine verschweisste Stahlblechschicht zur Verwendung kommt.

Eine neue Dichtungsmethode ist die „auf Zug beanspruchte Metallblechdichtung“, wobei im wesentlichen die Dichtungsstahlbleche auf der Innenseite des Bauobjektes als Zugelemente in den lasttragenden Bauobjekt eingelassen werden, wodurch der Stahlblechbelag mittels der Verbindungen den auf ihn liegenden Aussenwasserdruck der Aussentragwand übergibt. Auf solcher Weise kann eine wirtschaftliche Dichtungs-konstruktion ausgebildet werden, weil die Innenstützwand entfällt, und die Stahlblechdichtungsschicht nur geringen Platz einnimmt.

Die international auch bekannte Repanol-Kunststoffdichtung wurde bei einigen Bauobjekten des Budapest Metro nur in den letzteren Jahren verwendet.

Autor erörtert die Fugendichtungen in einem Sonderabschnitt. Eine seiner bekannten Methoden ist die Verwendung von Quellszement, der zur Dichtung der Verbindungsfugen der aus Blocksteinen erbauten Tunnels gebraucht wird, bzw. der aus PVC hergestellten, bei den Schraubenverbindungen der Gusseisentübinge als Dichtungsunterlage verwendeten Scheiben.

- Abb. 1. Längsprofil der Linie Ost-West der Untergrundbahn  
 Abb. 2. Ausgelöster Kalk an der Wand des Tunnels  
 Abb. 3. Lüftungsschacht mit Asphaltisolierung  
 Abb. 4. Einguss von Asphalt zwischen die Fertigteile und die Schachtwand  
 Abb. 5. Fertigteile  
 Abb. 6. Einbinden von leitenden Blechstreifen in die Tunnelwand  
 Abb. 7. Konstruktion des angewendeten Ankers

- Abb. 8. Schnitt des Vakuumschranks zum Prüfen der Nahten  
 Abb. 9. Konstruktion der nachträglich untergebrachten Eisenblech-Isolierungsschichte  
 Abb. 10. Abstand der Einbündklauen  
 Abb. 11. T-Träger-Eisenblechisolierung mit Bogen verankert  
 Abb. 12—13. Eisenblechisolierung mit Bogen bei der Station Astoria  
 Abb. 14. Rhepanol-Isolierung  
 Abb. 15. Tübbing-Tunnel mit Nutenisolierung  
 Abb. 16. Vorgefertigtes Eisenbetontunnel mit Nutenisolierung

**József Balogh:**

**DEVELOPMENT OF THE INSULATION METHODS EMPLOYED AT THE ENGINEERING STRUCTURES OF THE UNDERGROUND RAILWAY IN BUDAPEST**

The hydrogeological structure of the sub-soil of the Hungarian Capital excluded the employment of foreign insulation methods during the construction of the Underground Railway in Budapest, thus new insulation methods had to be introduced.

The engineering structures of the deep sections are located generally in a depth of 30 m, in hard, ruptured silt, honeycombed with sand streaks, therefore the insulations had to be designed for water pressure of 3 kg/sq cm.

The structures have been constructed of concrete, or reinforced concrete.

The insulations employed are classified by the author as surface and joint insulations. Among the surface insulations the article describes the types as follows: the mass insulation, which can be employed at engineering structures constructed of thick concrete or reinforced concrete; in this case the impermeability will be improved by plasticizing materials also, the composition of the concrete taken into account.

As a plater insulation, the guniting can be employed most successfully, but a condition of the success is that it should be applied on an immobile (dead) surface and that the ties of the different supporting structures should be placed in the wall prior to the insulation.

The gunite plaster insulation has been widely used in line-tunnels and with other engineering structures too.

Experiences indicated during the course of the construction of the Budapest Metro, that the insulation has proved to be poor at engineering structures under water pressure. The dry wall surfaces required to „black insulation”, could not be ensured, therefore this method of insulation has not been employed with structures located on deep levels.

Good results have been obtained at the deep shafts of the Metro with the cast asphalt insulation, which has been carried out according to the design of the author. With this method asphalt shall be cast in a thickness of 4—5 cm between the wall of the shaft to be insulated and the prefabricated inner ring. This insulation is insensitive against water, gives a powder-dry insulation and it is inexpensive.

The steel plate insulation methods are discussed by the author according to two large groups. The steel-plate insulation supported by an inner mantle is identical with the black insulation, with the difference that instead of a black insulation layer, a welded steel-plate sheet shall be employed.

A new method of insulation is the „steel-plate insulation under tension”, the essence of which is that the insulation steel plates shall be tied into the supporting engineering structures as tension members, thus the steel plate lining transfer the thrusting water pressure through the tie member onto the supporting walls. An economical insulation structure can be obtained by this method, as the inner supporting wall can be eliminated, and the steel-plate insulation sheet requires small space.

The RHEPANOL plastic insulation, acknowledged internationally, has been employed only recently with the engineering structures of the Underground Railway in Budapest.

The author discusses the joint-insulation in a separate chapter. Among these types of insulations, a well-known method uses swelling concrete for sealing joints of tunnels constructed of prefabricated members, discs, respectively, made of polyethylene, used as insulation washers at bolted connections of cast iron tubbings.

The insulation described in the article ensured an appropriate effect on various surfaces of engineering structures of the Metro.

List of figures

- Fig. 1. Longitudinal section of the East-West line of the underground railway  
 Fig. 2. Dissolved lime on the wall of a tunnel  
 Fig. 3. Ventilation shaft with asphalt insulation  
 Fig. 4. Casting of asphalt between the prefabricated members and the wall of the shaft  
 Fig. 5. Prefabricated members  
 Fig. 6. Fastening of the guiding plate stripes into the tunnel wall

- Fig. 7. Structure of the employed anchor  
 Fig. 8. Section of vacuum box for inspection of welds  
 Fig. 9. Structure of the subsequently placed insulation layer  
 Fig. 10. Spacing of the fastening claws  
 Fig. 11. „T”-beam anchored arched steel-plate insulation  
 Fig. 12—13. Arched steel-plate insulation of the „Astoria” station  
 Fig. 14. RHEPANOL insulation  
 Fig. 15. Tubbing tunnel with anchor insulation  
 Fig. 16. Anchor insulation of a tunnel consisting of prefabricated members