

## VII. VÍZSZIGETELÉSEK

A földalatti vasút műtárgyainak többségét a talajvízszint alatt kellett megépíteni. Az egyes szakaszok talajvizének és talajának agresszivitása ismeretében – a talajmechanikai vizsgálatok eredménye alapján – kellett a szigetelés fajtáját és módját megválasztani. A mélyvezetésű vonalszakasz műtárgyainak többsége 30 m mélyen, kemény, repedezett, homokerekkel átszótt iszaptalajban épült, tehát ezek szigetelését 3 kp/cm<sup>2</sup> körüli víznyomásra terveztük.

A földalatti vasút műtárgyainak szigetelésével szemben a műtárgy belső tereinek rendeltetésétől függően különböző igényeket támasztunk. A vízbeszivárgás megengedhető mértékét lényegében az üzemeltetés igényei és kívánalmai szabják meg, helyenként pedig az agresszív víz távoltartása a mértékadó. Kisebb mértékű vízbeszivárgás megengedhető például a pályaalagutaknál, viszont az állomás- és elektromosterek a porszárás szigetelést igénylik.

A föld alatti építmények általában betonból és vasbetonból készülnek. A beton műtárgyak megfelelő szigetelése az építmény élettartama szempontjából is fontos. A beton falakon átszivárgó víz ugyanis kioldja a beton mésztartalmának egy részét, az ún. szabad meszet, ezáltal a kötés szilárdsága jelentősen csökkenhet.

A műtárgyak sokfélesége, a szigetelendő felületek nagysága, a változó vízszintmagasság, a rendelkezésre álló anyagok és berendezések sok problémát vetettek fel.

A földalatti építésénél felületi szigeteléseket és

hézagszigeteléseket egyaránt alkalmaztunk. A felületi szigetelés a vízáteresztő műtárgyak teljes felületére kiterjed. A hézagszigetelést vízzáró elemek között illesztési, csatlakozási nyílások, illetve hézagok tömítésére használjuk.

### Felületi szigetelések

A földalatti vasút építésénél különböző felületszigetelési fajtákat alkalmaztak: tömegszigetelést, vakolatszigetelést, feketeszigetelést, öntöttaszfalt-szigetelést, vaslemez-szigetelést és műanyag-szigetelést.

A tömegszigetelés tulajdonképpen nagy vastagságban kevés munkahézaggal, gondosan készített tömör betonfalazat. Szigetelő hatása nem kielégítő, nagy mennyiségű víz szivároghat át rajta, különösen vízáteresztő talajban és talajvíznyomás alatt levő építményeknél. Fontos a beton adalékanyagának az összetétele.

A vakolatszigetelés cementből, homokból és vízből álló több rétegű vakolat, amelyet kézi vagy gépi úton, illetve nagy nyomással, „rálövés” útján hordanak fel a falazatra.

Vízzáróság szempontjából a vakolatnak minél tömörebbnek és repedésmentesnek kell lennie. Ennek előfeltétele az, hogy a vízzáró vakolatot mozdulatlan falra hordják fel.

A vakolatszigetelések legeredményesebb formája a torkkrét vakolat. Torkkrétózásnál a fűvófejen keresztül,

légnyomás hatására nagy sebességgel áramlik a cement-homok-víz-keverék, és ütközik a vakolandó felületnek. A nagyobb súlyú homokszemcsék visszapattannak a falról, míg 1–2 mm vastag cementhártya nem képződik rajta. A rétegek számának növekedésével egyre kevesebb vakolat, illetve homokszemcse hull vissza.

Az így felhordott anyag tömör szerkezetű, a szokásos cementhabarcsnál 2–2,5-szer nagyobb szilárdságú és a metró alagútjaiban 3,0 atm víznyomással szemben is szigetelő hatású. Szükség szerint 3–5 réteget szoktak alkalmazni.

A földalatti vasútnál végzett vizsgálatok megállapítása szerint  $500 \text{ kg/m}^3$  cementadagolás mellett a készvakolat cementtartalma  $720 \text{ kg/m}^3$  volt, a visszahulló anyag ugyanis csak kis mértékben tartalmaz cementet. Fontos, hogy a falazatra szánt szerelvények acélkampóit még a torokrétozás előtt beépítsék a helyére. A tartószerkezet utólagos elhelyezésénél ugyanis a torokrét réteg megsérül a beépítési helyen és vízszivárgóvá válik. A torokrétszigetelést kiterjedten alkalmazták a vonalalagút-szakaszok, elágazási műtárgyak, pajzskamrák és egyéb műtárgyak szigetelésére.

A földalatti vasút mélyvezetésű műtárgyainál a víznyomás elleni szokásos – négyrétegű ragasztott – feketeszigeteléssel rossz tapasztalatokat szereztek. A felületek kiszáritása az alagútviszonyok között huzamosabb időtartamra nem oldható meg. A felületelőkészítéshez a vakolat alatt szivárgórendszert is kell építeni, hogy a felragasztott réteg idő előtt ne érintkezzen a talajvízzel.

A kedvezőtlen tapasztalatok miatt a feketeszigetelést mélyvezetésű műtárgyaknál nem alkalmazzák. Használják azonban a kéreg alatti keretalagutaknál, továbbá közvetlenül a felszín alatti műtárgyak külső szigeteléseként.

Jó eredményeket értünk el öntöttaszfalt-szigeteléssel a metró egyik szellőzőaknájánál. Az aknában – a szigetelendő felületen belül – előre gyártott elemeket helyeztek el (82. ábra). Az elemek és az aknafal között 4–5 cm vastag hézagokat alakítottunk ki, s az 50 cm magas előre gyártott elemeket cementhabarcsba helyezték.

A gyűrűs kiképzésű belső falazat és aknafal közé 120–140 °C hőmérsékletű aszfaltot öntöttek. Az aszfalt súlyánál fogva a hézagot teljesen kitöltötte és tökéletes vízzárást biztosított. A tapasztalat szerint az akna falából építés közben szivárgó vízre ez a szigetelési mód nem érzékeny. Az acéllemez-szigetelési módot az UVATERV dolgozta ki és a budapesti metró építésénél alkalmazták először kiterjedten.

Ennél a szigetelési módnál nem fontos a felületet előkészíteni, nedves és egyenlőtlen felület esetén is alkalmazható.

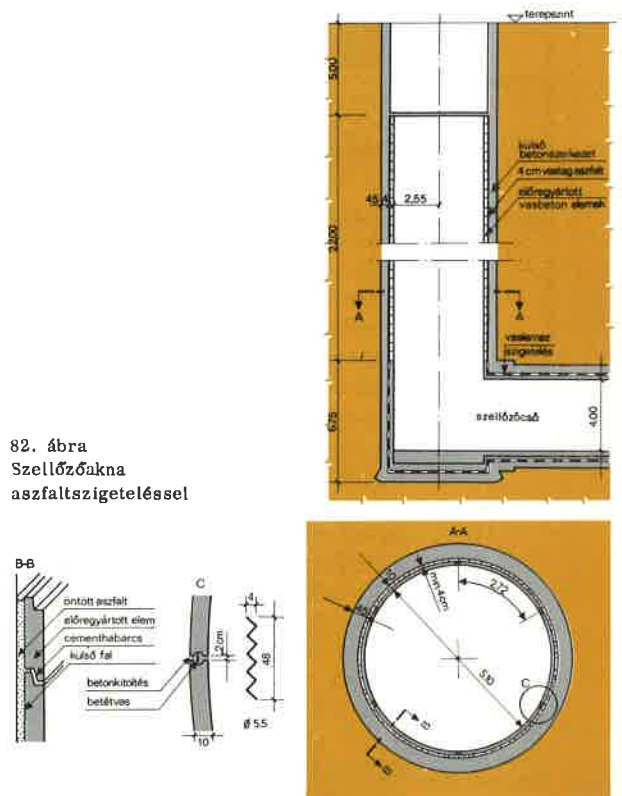
A vaslemez-szigetelés két fő formája ismert: a belső köpennyel megtámasztott vaslemez-szigetelés és a behorgonyozott vaslemez-szigetelés.

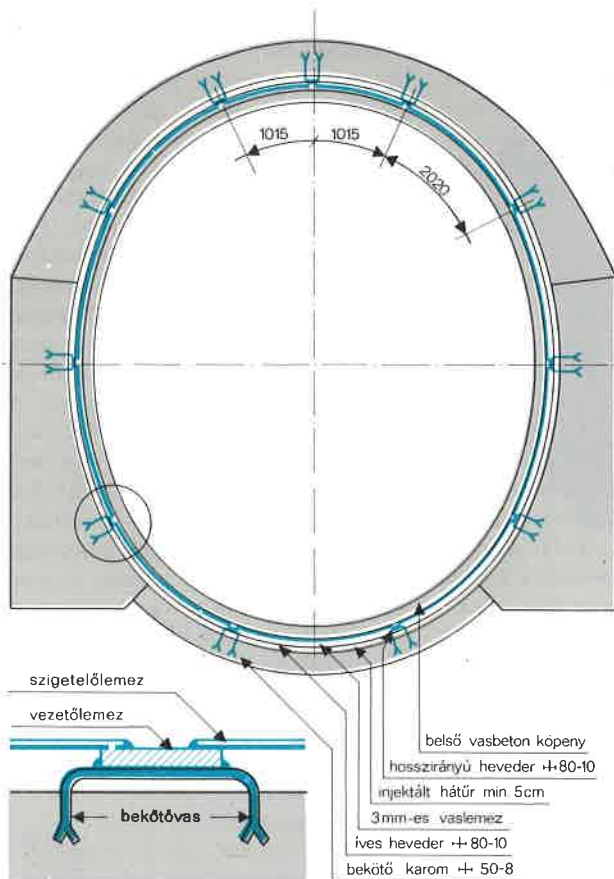
A belső köpennyel megtámasztott szigetelés a víznyomás elleni feketeszigeteléshez hasonló szigetelési mód, azzal az eltéréssel, hogy szigetelőréteggént hegesztett vaslemezréteget alkalmaznak.

A vaslemez alkalmazásának leglényegesebb előnye az, hogy az illesztések szakaszosan vizsgálhatók, a szigetelés vízzárósága még a megtámasztott szerkezet betonozása előtt ellenőrizhető. A vaslemez alkalmazása szigetelésre nem ismeretlen módszer, számos külföldi metróépítésnél alkalmazták, de lényegében újat jelent a budapesti metró beton műtárgyainak vaslemez-szigetelési szerkezete.

A szigeteléshez szabványos méretű  $1000 \times 2000 \times 3$  vagy 4 mm-es vaslemezeket alkalmaztak. A szigeteléshez biztosítani kell a felületi víz elvezetését. A vaslemezréteget ezért nem fektetik közvetlenül a szigetelendő felületre, hanem minimálisan 2–3 cm távolságot hagynak a vaslemez és a felület között. Ezt a távolságot alkotó- és gyűrűirányú vezető lemezcscikkal biztosítják, amelyeket a betonfalazatba erősített bekötővasakra hegesztenek. A vezető lemezcscikkok a terv szerinti geometriai méreteknek megfelelően helyezkednek el (83. ábra).

82. ábra  
Szellőzőakna  
aszfalszigeteléssel





83. ábra  
Belső vasbeton köpennyel megtámasztott  
acéllemez-szigetelés

A nagy táblájú szigetelőlemezeket a hálós elrendezésű vezető lemezcikokra először csak ponthegesztéssel rögzítik, majd a szigetelőtábla végleges beállítás után készítik el a folytonos szigetelővarratot. Mivel a vaslemez-szigetelés minőségének egyetlen lényeges feltétele a lemezek vízzáró illesztése, ezért különös gondot fordítanak a varratok vízzáróságának vizsgálatára. Ehhez különféle módszereket alkalmaztak (petróleumos, röntgenvákuumos vizsgálatok). A legjobb módszernek a vákuumos varratvizsgálat bizonyult, amelynek az a lényege, hogy a varratot szappanos oldattal bekenik, majd légmentesen záró, gumifelfekvősű szekrényvel leborítják, s a szekrényből a levegőt – 0,6 atm nyomású – vákuumszivattyúval eltávolítják. A szekrény üveglapján át megfigyelhető, hogy a keletkezett vákuum irányában szűrődik-e át levegő, azaz keletkezik-e buborék a szappanbevonaton.

A betonfalazat és a vaslemez közti hézagot – az alagút alsó falán – még a betonozás előtt cementlében forgatott kavicssal töltik ki. A teljes felületre felhegesztett vaslemez-szigetelésen belül építik meg a

belső megtámasztó vasbeton köpenyt, amely a talajvíz nyomásának felvételére szolgál. A vasbeton köpeny betonacél hálóját előre gyártják, így a helyszíni vasszerelési munka a minimumra csökken.

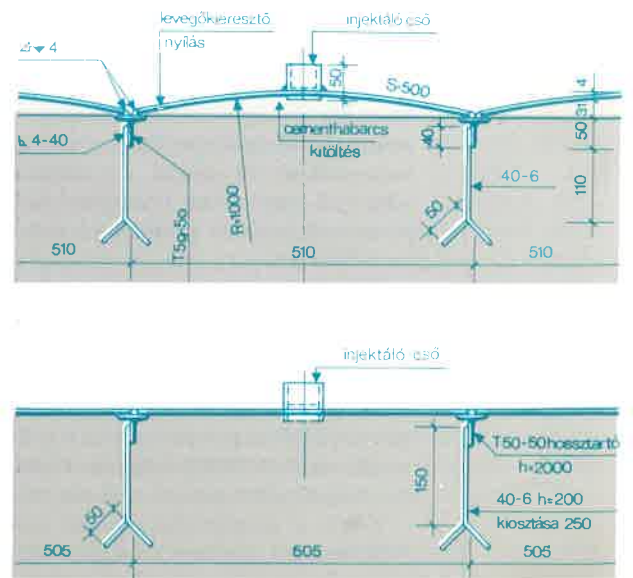
A betonozás első lépéseként a fenéketont készítik el. A megkötött fenéketont zsaluzókocsit állítanak, amely leszerelhető zsaluzóköpenyt tart. Akitámasztott zsaluzókocsi mentén alulról felfelé végezték a köpeny betonozását, plasztikus konzisztenciájú betonnal. A betonköpeny szilárdulása, illetve zsugorodása után a vaslemez és a köpeny között keletkező zsugorodási hézagot, továbbá a vaslemez és a szigetelőbetonszerkezet közötti hézagot utólag cementtejjel injektálják.

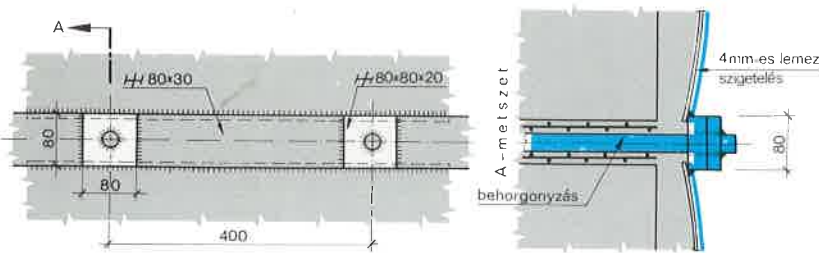
A vaslemez korrózióvédelméről külön nem kellett gondoskodni, mivel a betonréteg képezi azt a lúgos közeget, amely általában megvédi a vasat a korróziótól. Biztonságból – az egyes speciális korróziós esetek kiküszöbölése céljából – a vasbeton köpeny betonjába és a hátsó tért kitöltő habarcsba a cement súlyára vonatkoztatott 2% nátriumnitritet keverték.

Behorgonyzott vaslemez-szigetelést is több helyen alkalmaztunk. Az alagutak és a többi víznyomás alatti műtárgyak építési sorrendje rendszerint az, hogy először a külső betonszerkezetet készítik el és ezt követően végzik a szigetelési munkálatokat. Számos esetben előfordul, hogy a műtárgy vasbeton védőköpenyes vaslemez-szigeteléséhez nem áll rendelkezésre elegendő hely. A behorgonyzott szigetelési mód éppen ezért gazdaságos, mert a belső megtámasztó fal elmarad, a vaslemez-szigetelőréteg pedig kis helyet foglal el.

84. ábra

Utólagosan elhelyezett acéllemez-szigetelőréteg szerkezete





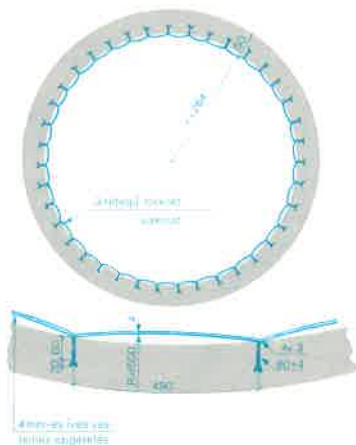
85. ábra  
T tartós, behorgonyzott íves  
acéllemez-szigetelés

A behorgonyzott vaslemez-szigetelések részben utólagosan elhelyezett acéllemez-szigetelések, részben a szerkezet betonozása előtt elhelyezett, zsaluzást is helyettesítő szigetelések.

Az utólagos vaslemez-szigetelési módnál behorgonyzó elemekkel (84. ábra) idomacélszelvényt erősítenek a falazatra, ehhez hegesztik a dongaszerűen kialakított acéllemezeket, majd a dongalemez és a falazat közötti hézagot cementhabarccsal töltik ki (85. ábra). A vaslemez külső felületének korrózióvédelmére hálóval erősített torkrét réteget hordanak fel.

A horgonyok erőfelvételének megállapítására erre a célra készített hidraulikus húzóberendezést alkalmaztak. Ez a szerkezet különösen kedvezőnek bizonyult – utólagosan elhelyezett szigetelés esetén – nagy sík felületek szigetelésénél.

Rendkívül jó tapasztalatokat szereztek a műtárgy betonozásával egyidőben bebetonozott T tartókkal. Ezek elhelyezése viszonylag egyszerű, közvetlen a zsaluzatra erősíthetők fel. A beton műtárgy elkészítése után a T vasakra donga alakú szigetelő acéllemezeket hegesztettek. A szigetelő acéllemez azonban sík



86. ábra  
„Lepke”  
acéllemez-szigetelés

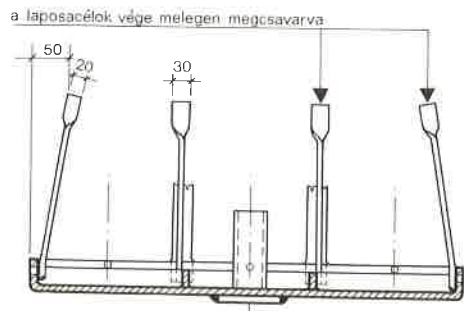
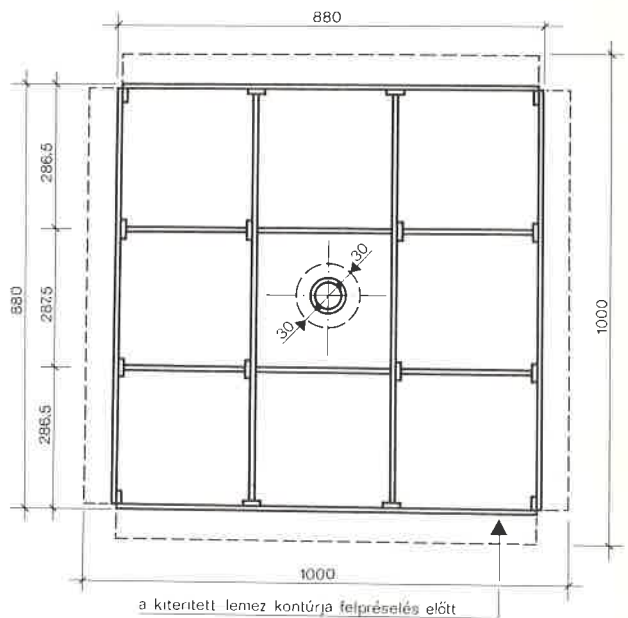
alakú is lehet. A beton műtárgy és szigetelőlemez közötti űrt utólag cementhabarccsal töltik ki.

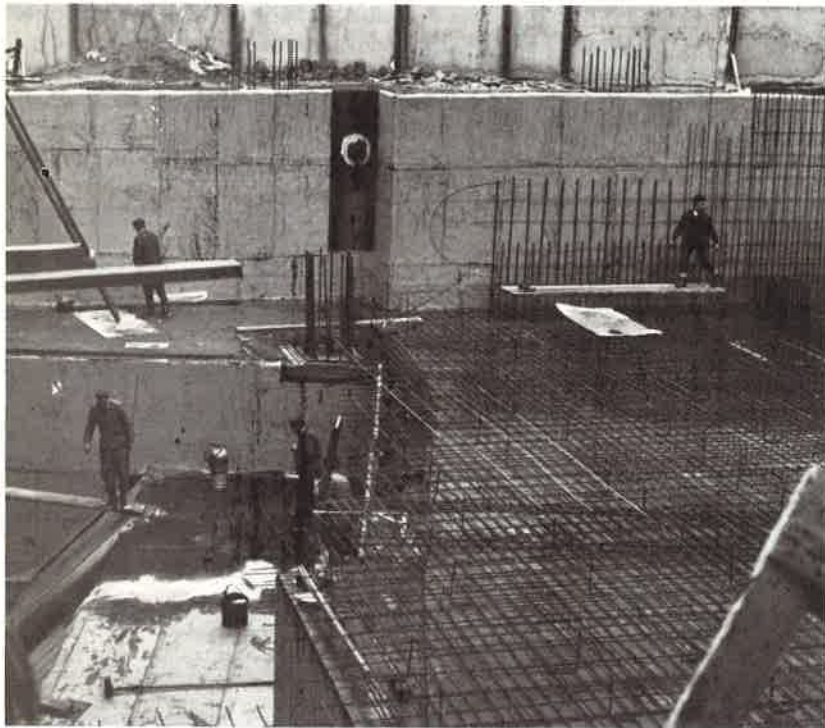
A megoldás legnagyobb előnye, hogy bármilyen geometriai alakzatú felületen elhelyezhető a szigetelés és gazdaságos, különösen akkor, ha már a tervezés során számításba veszik, hogy a szigetelőszerkezet helyszükséglete minimális.

Az egyéb acéllemez-szigetelések közül említésre méltó a „lepke” szigetelés (86. ábra), az előre gyártott bordás acéllemez-szigetelés. Ezeket lemezből készítették (87. ábra) és csavarokkal illesztették össze. Az illesztések között elhelyezett azbesztcementlapot utólag eltávolították és duzzadócementtel tömítették.

Ez a szerkezeti kialakítás nem hozta meg a várt eredményt. A bordák közötti hézagot utólag vaslemezcsikkal, hegesztéssel, kellett megszüntetni, hogy garantált vízzárást kapjanak. Hátrányos volt a dúcolt

87. ábra  
Előre gyártott  
bordás acéllemez-szigetelés





88. ábra  
Rhepanol-  
szigetelés

munkatérben az előre gyártott elemek bekötőkarmainak a betonfalazat acélbetétjei közé helyezése is.

A műanyag-szigeteléssel kapcsolatban kiforrott megoldás nem alakult ki. A rhepanollal készülő szigetelés kényes, készítésekor a meghibásodási veszély nagy, ezért a szigetelőréteg védelméről, egyéb rétegek közbeiktatásával gondoskodni kell (88. ábra). Költsége a feketeszigetelés és a vaslemez-szigetelés között van. Jövőbeni felhasználását nagymértékben növeli az a tény, hogy a magyar ipar is elkezdte gyártani a vele egyenértékűnek ígérkező „Neoacid” elnevezésű szigetelőanyagot.

1972-ben a „Trocac” elnevezésű, lágy pvc-fóliát is alkalmazták a feketeszigetelés helyett. A vékony fóliát mindkét oldalán védőréteggel látják el a sérülés kiküszöbölésére.

### Hézagszigetelések

Az öntöttvas tübbingek anyaga vízzáró, a szigetelés feladata tehát csak az, hogy a tübbingek közötti hornyokat és az elemeket összekapcsoló csavarok nyílásait tömítsék, a hornyokat lezárják. Öntöttvas tübbingek hornyainak tömítésére régebben kiterjedten használtak ólomzsínort, amit megfelelő tömítőeszközzel dolgoztak be a hornyba. A csavarlyukakat pedig azbeszttitumes alátétkarikákkal szigetelték.

Később az ólomot a duzzadócementes horonytömítés váltotta fel, ami lényegesen olcsóbb, mint az ólomtömítés. A duzzadócementes tömítés előtt a hézag fémfelületét megtisztítják, s miközben a hornyot víz-sugárral locsolják, a duzzadócementet 3–4 rétegben pneumatikus szerszámmal bedolgozzák.

A duzzadócement olyan keverék, amelynek 73%-a bauxitcement, 25%-a gipsz és 2%-a mészhidrát. A mészhidrát 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 hornyba, tömörsége fokozódik (89. ábra). A letisztított felületre jól tapad. Az öntöttvas tübbingek csavarkapcsolatainak szigetelésére újabban – a sikeres kísérletek nyomán – pvc-ből készült alátétkarikákat alkalmaznak. A pvc-karikák, amelyeket tiz esztendő után is ellenőriztek, kedvező eredményt mutatnak.

Az előre gyártott vasbeton falazóelemekből épített alagútfalazat szigetelése sok problémát jelentett. Ezek közül leglényegesebb a vízzáró falazóelem gyártása és a kész alagútfalazat vízzáróságának biztosítása.

Az UVATERV által tervezett technológia szerint aszfaltréteggel töltik ki az elemek közötti hézagot, amely a vizet az alagútfalazat mögött tartja.

Az aszfaltréteg az elemek hátlapját is befedi, ezáltal az elemek vízzárása és a korrózió elleni védelem is biztosítva van.

Az elemek közötti hornyot duzzadócementtel tömítik. Ez azt a szerepet tölti be, hogy a különböző erők hatására a hidegen is mozgó aszfalt kinyomódását megakadályozza, tehát az alagút vízzáróságát lényegében az aszfalt biztosítja.

Az előre gyártott vasbeton elemekből épített alagútfalazat vízszigetelése – az adott technológiai színvonalon – nem az egyes elemek abszolút vízzáróságának keresésével, hanem a teljes alagútszelvény vízzáróságának megoldásával bizonyult reálisnak.

89. ábra  
Duzzadócementes horonytömítés  
öntöttvas-tübbingeknél

