

帝都高速度交通営団 正員 西 林 聖 武

1. まえがき

営団地下鉄8号線は、現在池袋～和光市間を工事中であるが、このうち練馬区内の水川台二工区に於て、延長884mの区間を大断面(φ10m)泥水加压シールドにより施工した。工事は、昭和55年1月28日掘進を開始し、同年10月1日無事到達したが、工事中は周辺井戸及び家屋への被害も皆無で、極めて良好な結果であつた。この成功の主因は、泥水安定液の選定とその管理にあると思われるので、ここに報告する。

2. 地質概要

本工区トンネル断面内の地質は、洪積層の東京礫層及び下部東京層で、上半円部は、均等係数が低く崩壊性の高い細砂層($k=10^{-5} \text{cm/sec}$)と、最大径φ400mmの礫を含む砂礫層($k=10^{-2} \text{cm/sec}$)とが互層で、下半円部は、硬質粘土層が分布している。地下水位は高く、全区間に渡りトンネル下端より約20m上で、その水量も揚水試験により確認した結果、極めて豊富であつた。

3. 泥水安定液の選定

本工法に用いる泥水安定液は、切羽に不透性の泥膜を作り、逸泥及び崩壊を防止するという基本条件に於ては、地中壁工法に用いられる安定液と同じであるが、①作られた泥膜は、ビットにより常に削り取られてしまう為、泥膜は瞬時に形成されなければならない事、②切羽への加圧は自由である事、③掘削土砂を多量に輸送するため循環流量が非常に多い事等が異なる点である。又泥水安定液は、排泥水の土砂分離が容易で、且つ掘削土砂の輸送性の高いという相反する要件を満たす必要がある。一般に粘土泥水は、ベントナイト泥水と比較し、土砂分離性及び輸送性が高く経済性に優れているが、泥膜形成上一定の品質を有する必要がある。本工区に於ては、トンネル下半円部に発生する粘土が泥水安定液に使用できれば、経済的であり品質管理も容易である為、その適否を調べた。

3-1 毛細管流試験

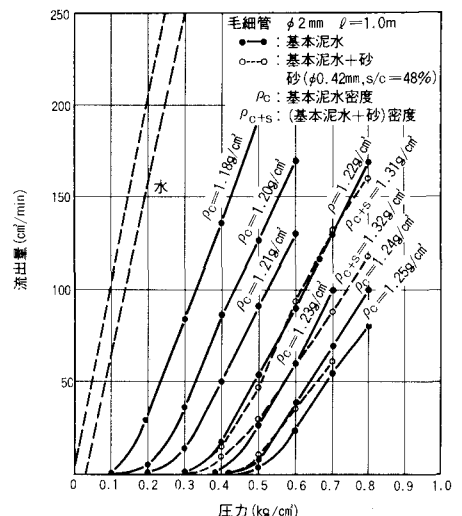
本試験は、逸泥限界及び砂の目詰り効果を調べる試験であるが、泥水密度 $\rho_c = 1.16 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$ の間を0.01間隔に試験用泥水を作り、切羽地盤の透水係数に対応した内径φ2mm、長さ1mの毛細管を用い、泥水が管内を通過するのに必要な圧力を求める。又設計切羽泥水压は、地山の圧力(土圧+水压)に圧力変動分0.2%を加えて決定される。この圧力変動に対して地山へ逸泥が起きてはならない事から、図-1に示す通りこれに相当する泥水は、1.21%以上の密度が必要となる。又この泥水に砂を添加しても粘性の上昇はなく、添加砂は、毛細管の入口に詰り、砂が地山へ逸泥防止に有効である事が確認できた。

3-2 大型モールドろ過試験

掘削地盤を想定しφ27cm長さ75cmのモールド内に透水係数 $k=10^{-5} \text{cm/sec}$ の供試体を作り、 $\rho_c = 1.21 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$ の泥水を用いるろ過試験を行つた。次にこの泥水に粒径0.84mm以下の砂を添加し同様の試験を行つた結果、砂が粘土に対し10%以上になると目詰り効果により泥膜形成が増進され、モールドからのろ過量が極端に減少し、毛細管試験結果を裏付けることができた。

3-3 沈降試験

掘進が停止した場合、沈降、分解等が起きるので、本試験



により沈水の安定性を求めた。試験は、 $\phi 10\text{ cm}$ 、 $H=1\text{ m}$ のメヌリンダーを用い上記基本泥水の沈降量を求めたところ、24時間放置後の沈降量は、6.5%であり問題ない事が確認できた。以上の試験から基本的な管理目標を設定したが、泥水密度 $\rho_c=1.21\sim 1.25\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ では粘性が高く、ポンプの負担に若干問題があるが、初期掘進完了後必要に応じ修正する事で掘進を開始した。

4. 泥水安定液管理基準の設定

初期掘進の際粘性が上昇した為、泥水中の微小粒子をX線粒度分析器を用い測定した結果、上記泥水試験時は、 1μ 以下の粒子が約10%であったが、初期掘進時には約30%と増大した。高粘性泥水は、切羽の安定に好影響を与えるが、ポンプへの負担が増大する為粘性を下げる事とし、 $\rho_c=1.16\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ 以上の泥水について大型モールドろ過試験を行い逸水量及び泥膜形成性を調べ、 $\rho_c=1.19\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ 以上の泥水ならば十分使用可能である事を把握した。又現場の省力化の観点から添加砂は、サイクロン(MD-6)通過後の送泥水中に残存する砂の利用を考え、この送泥水中に含まれる粒径 $74\mu\sim 840\mu$ の砂分が粘土分に対し約15%程度に調整が可能である事を確認した。その結果 $\rho_c=1.19\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ の泥水は、サイクロン通過後残留している砂分により密度 $\rho_{c+s}=1.22\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ を有する送泥水となり、この値を管理上の下限値とするべく再度大型モールドろ過試験を行った結果、図-2の通り数秒で泥膜が形成される事を確認した。又本現場に於る排泥密度は、設備上約 $\rho_{c+s}=1.45\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ を限界としており、これから送泥密度を求めると約 $\rho_{c+s}=1.28\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ となりこれを上限値とした。更に泥水の安定性確認の為沈降試験を行った結果、24時間経過後も砂粒子の分離は見られず、その沈降量も1.6%と当初の $\frac{1}{4}$ であり十分安定している事を確認した。泥水の粘性は、基本実験に於てはファンネル粘性を測定したが、初期掘進時の泥水密度上昇に伴い測定不能となつたのでこれに代えて、イーロードバリューとプラスチック粘性を測定する事とし、初期掘進時のデータを基に管理値を設定した。表-1本工区で用いた泥水安定液管理基準を示す。

5. 施工結果

掘進は、泥水安定液管理基準に基づき施工し、順調に進行した。工事は、崩壊現象は勿論、沈下量も直上で最大3mmと少なく、ビット交換時に切羽を観察した際地山には約1cmの泥膜が形成されており又、掘削停止中の逸水量は、 1 m^2 当り250%と極めて少なく泥膜効果が確認された。

6. まとめ

泥水による切羽安定は、完全に解明されたとは言い切れないが、本工区に於ては、過去の実績をふまえ、加えて東大生研三木教授の指導を得ながら実験を行い、掘削地盤に合致した泥水と、その管理基準により施工した事が良好な成果に繋がったと言える。本基準は、本工区地盤に合致したものであり、全てに適用はできないが、この実績は、地質に応じた泥水を見つけ、管理基準を設定し施工するならば、本工法は極めて優れた工法である事を証明したものと思われされる。

参考文献

三木、斉藤、山崎、大竹(1978) 透水係数の大きい砂礫地盤を対象とした泥水シールド用泥水液のろ過特性 第13回土質工学研究発表会P1325~1328

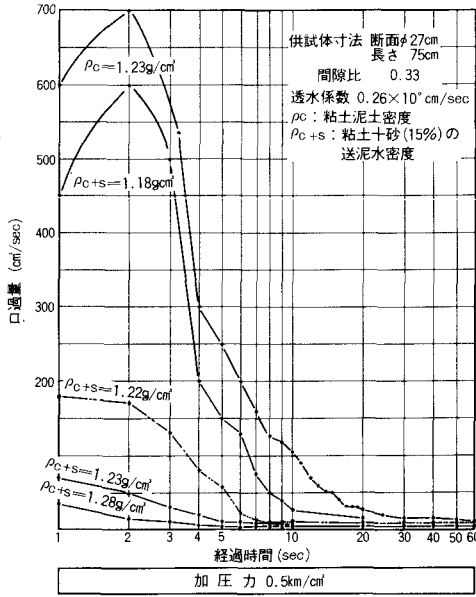


図-2 泥水モールドろ過試験結果

管理項目	管理値	測定方法
送泥水密度 ρ_{c+s}	1.22~1.28 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	メヌリンダーはかり
粒度構成	コロイド(1 μ 以下)	X線粒度分析器
	砂(74 $\mu\sim 840\mu$)	〃
イーロードバリュー	100 dyne/cm^2 以上	回転粘土計
プラスチック粘性	5~20 c.p.	〃

表-1 氷川台二工区に於る泥水管理基準