

日本編板技術協会

都 築 好 郎

片 岡 孝 二

東京都立大学

正員

山 本 稔

日本編板技術協会

正員

〇 都 築 伸 二

1 緒 言

シールドトンネルのセグメントにおける止水法にはパッキングによる方式とコーキングによる方式とが従来多用されているが、止水それ自体が困難な技術であることも手伝わぬいずれも完全を期し難いように見える。しかしながら、シールドトンネル技術の進歩発展には止水法の改良が重要な技術課題であり、しかもトンネル施工が、セグメントによるプレハブリケーション技術を応用するからは、止水もセグメントにおいて完全を期するが妥当であることは多言を要しない。

セグメントにおける止水法の改良は、止水効果も含めて経済の原則にのっとり、従来の方法に対比しても引き合うものでなければならぬ。開発された電気溶着止水法は、主材がアスファルトピッチと電熱線とからなり、アスファルトピッチの加熱溶融によって目地の充填閉塞を計る方法で、必要な条件と充足できるものであると考えられる。ただし、ここに提案する電気溶着止水法が、止水法の改良に対する唯一絶対な方法とはいえないだろう。しかしながら、適当な改良策の発表をみない現況からあえて一石を投じ、この方面の開発の刺激剤としたいと念じている。

2. 基礎的研究

既述のごとく、電気溶着止水法の主体は、アスファルトピッチの中に電熱体を埋込んで製作した棒状止水材である。この棒状止水材をセグメントの側壁に設けた止水溝にはめ込み、セグメントを覆工に組上げた後これに通電すれば、電熱体の加熱によってアスファルトピッチは溶融するとともに膨脹し、目地の細い空隙にも容易に侵入する。しかも、セグメントの内外面は常温付近にあるから、目地に侵入してきたアスファルトピッチは、表面に達する前に粘性が増大し、通常は流出することなく目地を充填閉塞し、その溶着による止水効果を発揮する。しかし、目地が完全に乾燥していないとアスファルトピッチによる溶着効果は上らないから、単にコーキング効果を示すにすぎない。しかしながら、乾燥状態にあるセグメントの側壁にあらかじめアスファルトピッチを塗布しておけば、目地にたとえ水その他が介在しても通電により加熱溶融したアスファルトピッチは、すでにセグメント側壁に塗布済みのそれをも溶融しながら目地に侵入するから、目地はあらかじめ塗布したアスファルトピッチを介して溶着され、コーキング効果に加えて接着効果をも期待できることになる。

これが電気溶着止水法の原理であるが、実際の応用に先立って使用材料の性質、止水溝の形状寸法を始めとして通電法など基礎的研究の成果に触れる必要がある。

2.1 電気溶着止水法の基礎

1) ブロンアスファルト 20~30

ブロンアスファルトは石油の蒸溜残渣で、約 40°C で軟化流動し、温度の上昇とともに流動性を増し、約 280°C で引火する。防水用として古くから利用されている材料で風化その他による品質の劣化の少

ない安定した材料である。加熱溶融によって多少のガスの発生が認められるが、無害でトンネル内の空気を汚染することはない。また 20℃付近においては耐衝撃性、耐屈曲性は高い。

ii) 電熱線

ブロンアスファルトとともに電気溶着止水法の主体となる材料である。電熱線としてニクロム線、銅線、鉄線など種々の抵抗線について試験したが、加熱性、耐久性が良くかつ安価な材料としてステンレス帯板が適当であると判断された。

iii) 止水溝と継ぎ目の形状

棒状止水材としてセグメント側壁に埋込むアスファルトピッチは、目地の間隙を充填するに必要な量を確保すべきであるし、止水効果を増加するためにはできるだけ多量である方がよい。この見地からセグメント側壁に設ける止水溝として図-1(a)

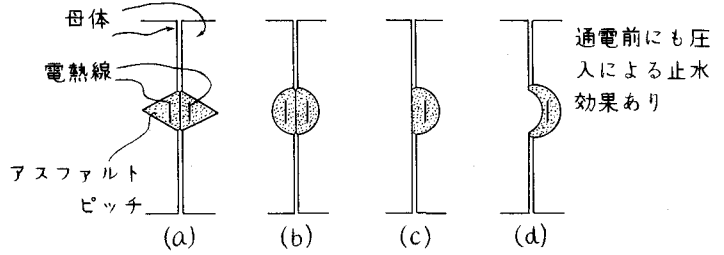


図-1

(b)にみられる2種の形式が提案されたが、(b)が妥当であると結論された。一方、継ぎ目の形状については(b)、(c)、(d)の比較で検討されたが、(b)あるいは(d)が好成績のようにみえた。ただし、(d)はセグメントに目違い止めを設けることになるから、応用の立場は根本的に異なる。

iv) トランス

通電に当たって使用する電圧は、人命保護の立場から50ボルト以下とした。したがって、必要な熱量をうるために電熱線の断面は大きくなる。既述のステンレス帯板はこの要求を満たすものである。トンネル現場に設備されている200ボルト動力線に電源を求めるとの関係から保安トランスおよび作業トランスを介して電圧は低下される。各トランスには中実アースをとり保安に対処する。

2.2 基礎実験の概要

断面 130mm x 100mm、長さ 500mm のコンクリートブロックの高さ 130mm の側面にその中央を通る半円形の溝をコ字型に作り、この溝を含む壁面全面に溶剤で溶したアスファルトピッチを塗布するとともに溝には棒状止水材を埋め込んで接着し、止水実験用供試体とした。

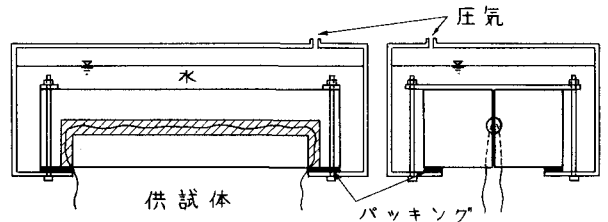


図-2

止水実験用水槽と供試体ならびにその取付け状況は、図-2の略図から容易にうかがわれよう。

実験条件には図-1の各継ぎ目形式について

- i) 目地に間隙を設ける場合
- ii) 目地から漏水がある場合
- iii) 目地に泥水が介在する場合

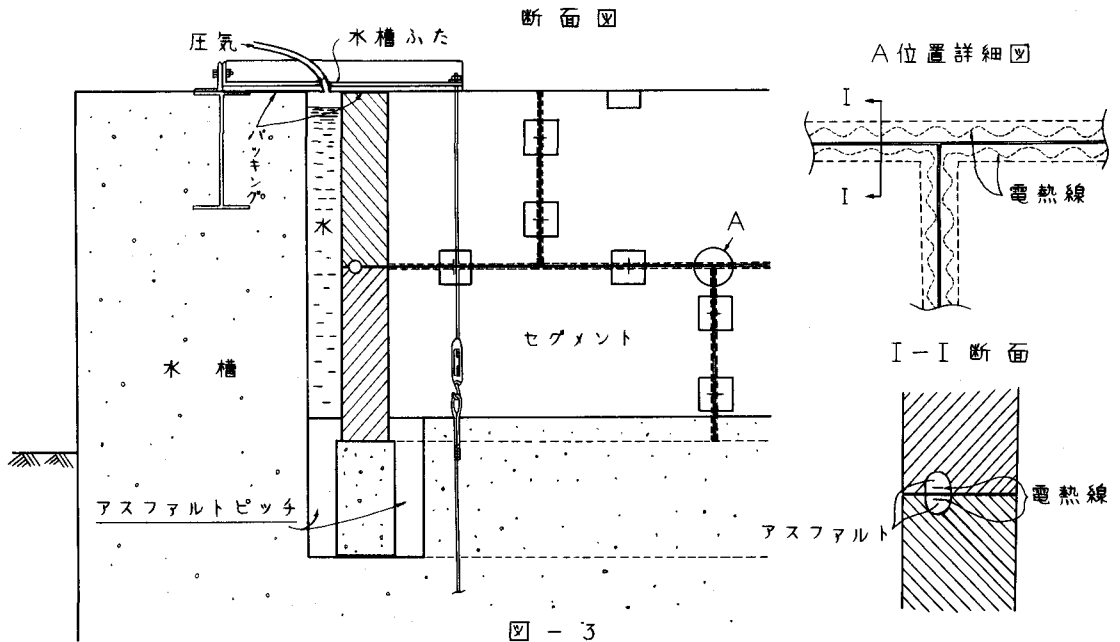
の3種を想定し、これらを組合せて各種の条件を作った。所定の条件のもとに供試体と水槽に設置した後、通電して目地の溶着を行ない、漏水が実験条件に組み込まれている場合はこれを停止させる。

その後 30~60 分を経過し、アスファルトピッチの冷却を待って 5 kg/cm^2 以下の水圧試験を実施した。
 実験に際して目地の間隙は、スペイサーの挿入で作られたが、実際にえられた間隙は、壁面に盛り上った構状止水材によって縮小し、漏水の際立つて多い場合を試験することはできなかつたが、 3 kg/cm^2 以下の水圧にたいしては設定されたすべての条件において止水効果が十分であると判断された。

3. 実物大セグメントリングの水平 2 段積みによる止水実験

電気溶着止水法に関する基礎的研究により、室内の模型実験の規模では止水効果が完全であることが実証された。しかし、トンネル施工の実際と室内実験との隔絶は、衆目の一致するところであるから、開発された電気溶着法の技術が直ちに実務に通ずることにはならないが、試用の価値は十分に認められるようにみえた。

この観念から、実物大セグメントを対象とした止水実験が昭和 44 年 2 月 25~26 日の両日に渡って実施された。実験に用いたセグメントは、外径 3310 mm 、1 リング 5 ピースからなる下水道用覆工にかかるもので、幅 750 mm 、厚さ 130 mm の平版型コンクリートセグメントである。このセグメントを内法寸法 $4000 \text{ mm} \times 4000 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ の正方形ピット内に水平に 2 段積みとし、ピットとセグメントリング外側との間に注水すれば、止水のための通電を行なう以前には目地の間隙から漏水することになる。これが止水実験に当てられた実験条件である。図-3 は実験の状況を知るのに役立つ。



漏水は通電前若干の個所において認められた。25 日の実験においては継手金物の周辺を除いて漏水は、通電した後は完全に停止し、止水効果が確認されたが、継手金物の周辺では止水面積が不足のため、十分な成果を挙げることができなかつた。そこで 26 日には継手金物の配置されている箱抜き部にモルタルによるドライパッキングを施して実験を行なった。この結果、弱点は除去され、あらかじめ目地に作られた 3 個所の間隙から射出する相当量の漏水は、通電後約 10 分にして減少し始め断続通電により約 20 分後には完全に停止した。その後、ピットに蓋を掛けて密封し、圧縮空気によ

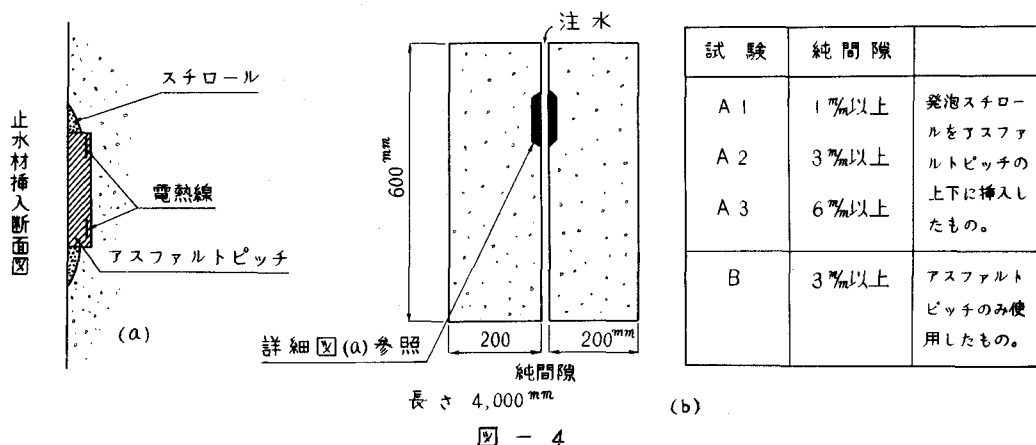
る水圧の増大を計り、約 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ まで至らしめたが漏水は認められなかった。

4. 実物大主桁模型による止水実験

既述のごとく、2月25日、26日の実験においては箱桁基部周辺の止水効果に問題が残っていることが認められた。これは、目地の間隙と止水面積との関連において溶融したアスファルトピッチが目地から流出し、目地を充填すべきアスファルトピッチが不足することに原因すると考えられ、この欠陥を排除するには目地に流出防止用の堰を設けるのが有効であるように見える。かくして、スチロール樹脂の発泡を利用して流出防止の効果を挙げる方法が立案され、東京都交通局の了解をよって折轄のセグメントの実物大主桁模型による止水実験が行われた。

実験に用いた主桁は $200\text{mm} \times 600\text{mm} \times 4000\text{mm}$ のコンクリートブロックである。その側壁には図-4に示す

実物大主桁模型による実験



ごとく止水溝が作られ、止水溝の上下には、棒状止水材を挟んでスチロール樹脂が挿入されている。通電によりアスファルトピッチが溶融し流動してスチロール樹脂に触れるならば、スチロール樹脂は発泡して堰の役目を果たす。実験条件は、できる限り現場の実状に合わせるものとし、目地の純間隙を1mm、3mm、6mmの3種とするとともに注水によって目地から漏水させる条件を選んだ。図-4(b)から実験の概況はうかがえよう。

通電により漏水は、実験A-3を除き数分で停止した。実験A-3では数分の通電後漏水中にアスファルトピッチの流出が認められたため、その後5分間隔の断続通電に切り替える回目の通電で完全に漏水の停止を試みた。実験-Bは、実験-A1、-A2と事実上の相違が認められないうちにみた。

5. 結論

シールドトンネルのセグメント覆工における止水効果を確認する手段として、目地の間隙とそこから漏水とを与えられた条件とした種々の止水実験を行ない、電気溶着止水法の適用性を調査した。実験結果は、所期の目的を満すものではあるが、すべて作られた条件にたいするものであることは注意を要する。しかし、用いられた条件はかなり苛酷であったから、トンネル施工の実際へ試用の価値は十分認められるように見える。先輩諸兄の理解と協力を切望して止みません。