

Ⅲ-B70

溶液型水膨張性ゴム材の止水に関する研究(その3) —理論的考察—

東洋大学大学院
東洋大学工学部
東洋大学工学部(現 株式会社浅沼組)
東洋大学工学部

学生会員 松浦 純子
正会員 加賀 宗彦
正会員 藤井 宏一
学生会員 鎌倉 寛

1. 序論

シールドトンネルの需要が高まっている現在において、止水不完全によるトンネル内の漏水は完成後のトンネルの機能及び維持管理に種々の問題を引き起こす。そこで、止水技術の開発が早急な課題として重要視されている。今までの一般的な止水方法は定型シール材であったが複雑な形状を持った継手面や土圧によって継手面が変形した場合では止水が困難になる。そこで、そのような問題が生じた場合でも止水能力を発揮できる工法として溶液型水膨張性ゴム材を利用した注入シール材が開発された。この溶液型水膨張性ゴム材は実際のシールド施工現場において実施され高い止水能力があるということは確認されているが、その止水のメカニズムは完全に解明されているわけではない。そこで本研究室では溶液型水膨張性ゴム材の止水メカニズムと設計方法を明確にする目的で実験と解析を進めている。本年度は目開き間隔を細かく変えたデータを追加して検討した。

2. 試料と実験方法

止水の材料は2液混合タイプの注入シール材で主材は溶液型水膨張性ゴム材である。2液を混合後、ゲル化が進み最終的にはゴム弾性体となる。ゲル化時間は約10分である。実験装置は図1に示す上下丸形フランジ間の隙間(目開き)を変えられる特殊な装置を作成した。図1に示すシール溝は溶液型水膨張性ゴム材の形状の違いによる止水性の影響を調べるため、5種類用意した。(詳細は本論文(その1)を参照)実験は図1に示すフランジ間に目開きを設定し、シール溝に溶液型水膨張性ゴム材を充填し30分放置する。その後、実験装置の水注入孔から手動ポンプにて水圧を徐々に増加させてゆき目開きから漏水が生じるまで実験を行った。漏水が生じた時の水圧を限界止水圧とする。なお、今回は止水のメカニズムの一端を把握するためにできるだけ単純化して溶液型水膨張性ゴム材と実験装置の付着は無視できるようにして行った。

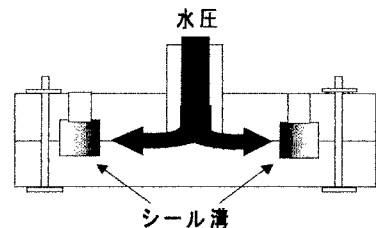


図1 実験装置

3. 実験結果および考察

3-1. 押し出しモデル

本論文(その1,2)において様々なかたちで実験によって求められたデータを整理してみたが、溶液型水膨張性ゴム材の設計方法を明確に求める式を得ることはできなかった。そこで、溶液型水膨張性ゴム材が目開きを閉塞することで止水性を発揮していることに

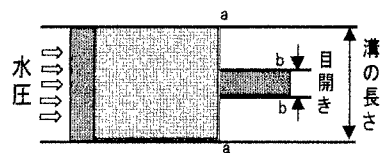


図2 押し出しモデル

注目し、押し出し理論で整理してみた。押し出し理論をモデル図で表すと図2のようになる。この図はa-a断面のシール溝に満たされたゲル化後の注入シール材がb-b断面の目開きへ水圧により押し出される。このことにより押し出された注入シール材が目開きを閉塞して止水能力を発揮するという考えで、本論文(その1)でも述べたように接面応力における止水のメカニズムと異なると考えることができる。この目開きを閉

キーワード：トンネル、止水、限界止水応力

連絡先：埼玉県川越市鯉井2100 東洋大学工学部環境建設学科 tel 0492-39-1406 fax 0492-31-4482

塞する止水のメカニズムを本文では「閉塞効果」と呼ぶ。

3-2. 押し出しの式

押し出しの理論による降伏点を過ぎた材料の変形に要するエネルギーで整理すると次の式が得られる。押し出しの式①は水圧と $Ao/A1$ が比例関係にあることを示している。そこで今回の実験で得られたデータを限界止水圧と $Ao/A1$ において整理してみた。

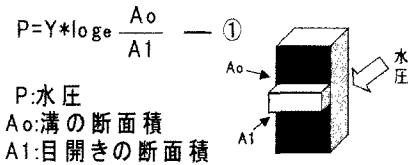


図3 押し出しの式

3-3. 限界止水圧と $Ao/A1$

横軸に $Ao/A1$ 、縦軸に限界止水応力を取り式①をもとにあらわしたものが図4である。図4には本実験の実験データ全てをプロットした。この対数関数での R^2 乗は 0.789 であった。押し出しの式①は実験装置と注入シール材の摩擦を考慮していないので $Ao/A1$ が1のとき限界止水圧が0（ゼロ）となる。しかし、実際の実験結果をプロットしていった場合 $Ao/A1$ が1のとき限界止水圧は0を示さない。そこで、押し出しの式①と実験データより次の準理論式を得た。

準理論式

$$P = aY * \log_e \frac{Ao}{A1} + b \quad \text{--- ②}$$

Y: 引っ張り強度

P: 水圧 Ao : 溝の断面積

b: 切片 $A1$: 目開きの断面積

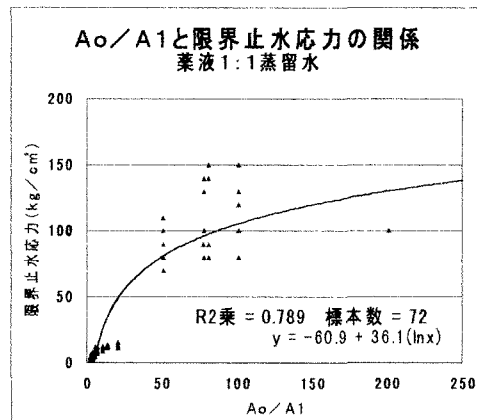


図4 $Ao/A1$ と限界止水応力

3-4. 準理論式の検討

押し出しの式①をベースに実験データより次の準理論式②を得た。これまで止水のメカニズムは明確でなく、限界止水応力の算定が不可能だったために設計方法を導き出すことができなかったが、今回の実験により式②が溶液型水膨張性ゴム材の限界止水応力の算定に利用できると考えられる。しかし、準理論式②の a および b は引っ張り強度・材料の変化により変わるものである。よって確定的な結論を得るためには、今後より詳細な実験と考察が必要であると考えられるが、現時点では、準理論式②が設計方法に利用可能なことは明らかである。なお文献4)では、材料の降状を考え $Ao/A1$ が1のとき限界止水応力が0（ゼロ）となるような準理論式を求めた。文献4)の式と今回導き出した準理論式のどちらが合理的かは現在検討中である。

4. まとめ

本研究において重要なこととなることをまとめると以下ようになる。

- (1) 溶液型水膨張性ゴム材の止水は界面応力によるものではない。
- (2) 溶液型水膨張性ゴム材の止水能力はシール材の形状によって異なる。
- (3) 溶液型水膨張性ゴム材の止水のメカニズムは閉塞効果によるものである。
- (4) 限界止水応力と $Ao/A1$ は比例関係にある。

5. 参考文献

- 1) 大塚正博、富所達也、塩治幸男：セグメントシール材による止水設計の考え方、トンネルと地下、vol.25、No.6、1994.9.
- 2) 小泉淳、小林亨：最新のシールドトンネルにおける防水技術（その2）、トンネルと地下、第23巻5号 pp43-51、1992.5.
- 3) E. Person, N. Parkins: The Extrusion of Metals, Chapman and hal l, pp. 201-222.
- 4) 加賀宗彦、松浦純子：軟質シール材の閉塞による止水のメカニズム、トンネル工学研究論文・報告集、vol8、1998.11