

Ⅲ－B 205

閉塞効果による止水のメカニズム（その4）

東洋大学工学部（現 三井建設株式会社）

正会員 藤永 諭

東洋大学工学部

正会員 加賀 宗彦

ソフトブレーン株式会社（元 東洋大学工学部）

正会員 欠端 隆

1, はじめに

人工の集積する都市において狭隘化する一方の土地を有効に利用するには、地下を空間資源として活用することが活路を開く重要な方法である。地下空間を有機的に利用するにはトンネルの果たす役割は重要である。最近ではシールド工法がその台頭を努めているが、今後さらに開発が深度化していく上で、土中の高水圧に対する止水技術は必要不可欠である。したがって多くの止水工法が開発されている。その一つに注入型水膨張性ゴム材を用いた止水工法がある。すでに実際のシールド施工現場において実践されて高い止水能力を発揮している。しかし限界止水圧の算定や止水のメカニズムに関しての定説はない。今回はこのメカニズムを理論的に把握する目的で実験、解析を進めている。以下に整理の終わった結果の一部を報告する。

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、主材は水膨張性ゴム材である。水を硬化剤として吸収し膨張した後ゲル化が進み最終的に柔らかいゴム弾性となる。ゲルタイムは任意に変えられるが今回は約30分のものを使用した。止水能力を検討するための特殊な装置（その3参照）を作成して耐水性の実験を行った。なお、今回は止水のメカニズムの一端を把握するため、できるだけ単純化してシール材と実験装置の付着は無視できるようにして行った。また、本実験では注入シール材の充填度を増すための加圧は特に行ってない。限界水圧までの加圧は手動の水圧ポンプを用いた。

3, 実験結果

3-1 閉塞効果

注入型水膨張性ゴム材による止水のメカニズムは注入圧、膨張圧、セグメントとゲル材の付着力、および自封作用（fig.1）によって発揮されていると考えられている。

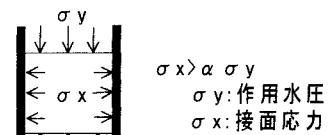


fig.1

しかし、まだ明確ではない。これらのメカニズムを明らかにするため、柔らかいゲル材による止水実験を行っている。その結果、新しく閉塞作用によって止水が保持されることを見いだした。したがって、閉塞作用のみに限定して実験を行った結果、水膨張性ゴム材の膨張圧 3kgf/cm²より遙かに高い止水能力が確認できた。

今回我々は、前報（その3）で示した鉄製のフランジを用い、0.1mm～5mmの目開きで実験を行った。実験の結果、水圧に押されて注入材が目開きから押し出されてくるのが確認できた。また、漏水は全てにおいて、押し出されてきた注入材が破壊することによって起こることも確認できた。

これらを総合して考察した結果、止水は柔らかいシール材が目開きに直接入り込んで止水する「閉塞効果」によるものと確認できた。

最後に、溝内部での注入材の変形状況であるが、実



fig.2



fig.3

最後に、溝内部での注入材の変形状況であるが、実

シールドトンネル、止水

東洋大学工学部 環境建設学科

埼玉県川越市鯨井 2100

Tel 0492-39-1406 Fax 0492-31-4482

験を始める前は自封効果による影響も考えていたので、Fig.2のような変形を考えていた。しかしグリスの影響でシール材と側面の付着がほとんどない。本実験ではこのような変形は不可能である。

Fig.4 はシール溝上面に間隙水圧センサーを設置して、作用水圧と間隙水圧の測定した結果を示す。作用水圧が小さいときは、間隙水圧に変化が見られない。しかし、作用水圧が大きくなるにしたがい間隙水圧が急に上昇する。これは測定途中からシール溝側面に水が入り込みセンサーが感知したことを示している。この結果、Fig.3 に示したようなシール材の変化が推測できる。

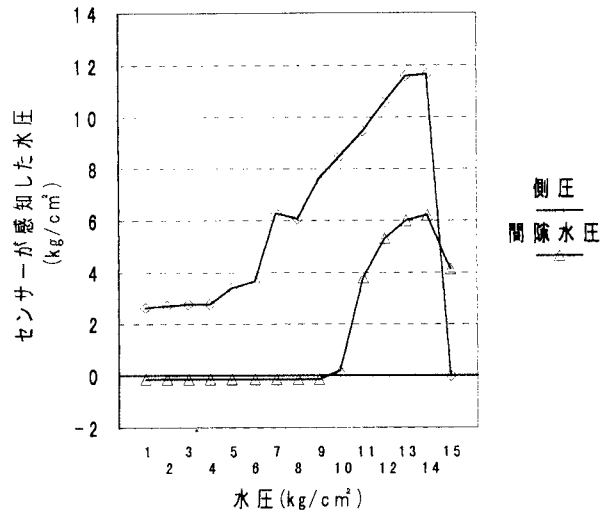


fig.4

3-2 準理論式による止水限界の予測

今回研究した注入型水膨張性ゴム材を使用したシールド施工の1例を見てみると、Fig.5 のようになっている。

図に示すように、注入材を入れたとき漏れないように最初にセグメント上下に目詰め材を添付してある。この状態での止水は、シール材の注入圧、膨張圧、セグメントの付着力、及び自封作用によって保持され、そのメカニズムは非常に複雑である。本報告その1、2で述べたように、閉塞効果で止水性が発揮されることも分かった。これより、止水のメカニズムを閉塞効果のみに限定して、Fig.5 に示した状態の限界止水圧を推定してみる。前報（その2）で限界止水圧と作用水圧の関係は

準理論式

$$P = a + \gamma \frac{A_0}{A_1}$$

で表すことができた。この式によれば A_1 （目開き面積または、目開きの幅）が小さいと P （限界止水圧）は大きくなる。言い換えれば P と A_1 は逆比例している。この式が Fig.5 に示す止水状態にも適用できるとすれば、目詰め材は常に押さえつけられる構造となっているので A_1 はゼロと考えることができる。これより、閉塞による止水のみを考えれば限界止水圧は無限大となる。

しかし、この場合、目詰め材が破壊したとき、止水能力は失われるので、破壊の直前が最大の止水圧となることが予測できる。したがって Fig.5 の状態では目詰め材の強度で限界止水圧は決まるものとなる。

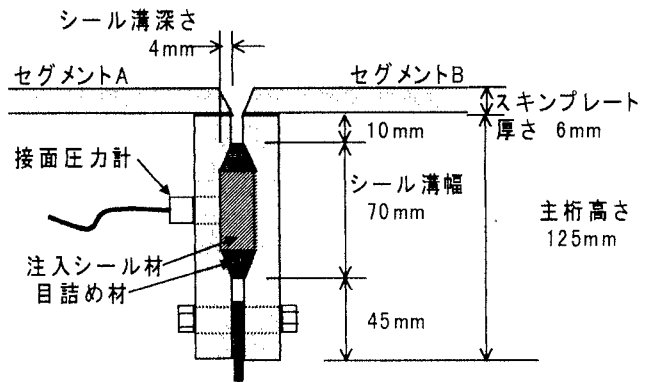


fig.5

- 参考文献、 1) 地盤工学会：シールド工法の調査・設計から施工まで, pp.226-246, 平成9年
2) 土木学会：トンネル標準示方書 [シールド工法編]・同解説, pp.93-110, 平成8年