

山岳トンネル防水シートの自己治癒機能の開発

金沢工業大学大学院 学生員 ○源口 敦史
 佐藤工業(株) 正会員 宇野洋志城
 金沢工業大学 正会員 木村 定雄

1. はじめに

近年では、トンネルの防水を目的として防水シートが多用されている。これにより、覆工の内空への防水性は相当に改善された。しかしながら、シート接続の不完全性、覆工コンクリートの温度収縮、地震の影響および導水工の目詰まり等を考慮すると、長期供用時には漏水発生リスクがある。とりわけ、覆工からの漏水は、コンクリート中のカルシウム溶脱を生じさせ、その脆弱化が促進する¹⁾。そこで、筆者らは山岳トンネルを対象として、長期の漏水発生リスクをゼロにすることを目指し、防水シートの自己治癒機能について検討した。本報告はトンネルの防水機構の考え方を提示するとともに開発中の自己治癒シートの基本特性について述べたものである。

2. トンネル防水機構と自己治癒シートの基本特性

一般に、覆工には、材料、環境および施工に起因するひび割れ等が発生する場合が少なくない²⁾。とくに、施工目地には覆工を貫通するひび割れ現象が散見される。ここで、漏水現象が付加されると、炭酸カルシウムからなるつららの形成や寒地では凍結融解作用が生じてトンネルの安全性能または耐久性能が著しく低下する。

そこで、近年では品質のばらつきが少なく、信頼性の高いシート防水工法が多用されている³⁾。しかしながら、長年にわたる漏水現象の発生リスクを考えると、リダンダンシーを有する防水機構とする必要があると考えた。そこで、筆者らは防水シート、自己治癒シートおよび覆工コンクリートの自己治癒機能の3つからなる防水機構を考えた。ここで、自己治癒シートとは、防水シートと重層で形成する漏水抑止機能をもつシートである。自己治癒シートは厚さ4.5mmで20ml/2g以上の膨潤力を有するペントナイト(モンモリロナイト)から形成される。その防水機構は漏水が生じた場合、それを吸収して膨潤し、

地山と覆工コンクリートとの間で自封作用⁴⁾を發揮するものである。

3. 自己治癒シートの基本自封止水性能

自己治癒シートの基本特性を把握するための実験を実施した。写真1は実験に用いた防水シートおよび自己治癒シートを示したものであり、直径は150mm、厚さは各々2.2mmと4.5mmである。また、写真1中のスリット板(コンクリートのひび割れを想定しスリット幅1mm)は覆工コンクリートを模擬したものであり、重層シートは防水シートと自己治癒シートを重ねたものである。防水シートは中心直径100mmが損傷して穴が空いたことを想定している。写真2は水圧実験の装置の概要を示したものである。実験はチャンバーの底部に重層シートおよびスリット板を固定し、チャンバー内の水圧を上昇させ、自己治癒シートからスリット板を通過する漏水量を計測するものである。なお、最大水圧は、0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5MPaとし、各々の漏水量が安定した120分まで漏水量を計測した。すべてのケースの漏水現象は水圧の上昇とともに増大し、ある一定の漏水量で安定する結果となった。そこで、式(1)に示す関数によって、経過時間と累積漏水量を近似した。

$$Q_{(\infty)} = \alpha(1 - \exp^{-vt}) \quad (1)$$

ここで、 $Q_{(\infty)}$ は最大累積漏水量、 α は漸近値、 v は漸近速度、 t は経過時間である。図1は経過時間と累積漏水量との関係(0.1MPa~0.3MPa)を示したものである。最大水圧の上昇とともに、 $Q_{(\infty)}$ と v がともに増大する傾向にある。図2および図3は、最大水圧と $Q_{(\infty)}$ および v との関係を示したものである。両者ともに線形性が確認された。これより、最大水圧に伴う自己治癒シートの基本的な止水抑制効果があることが確認された。一方、最大水圧が0.4および0.5MPaのケースでは、自己治癒シートが部分的に

キーワード トンネル, 防水, 自己治癒, 自封作用
 連絡先 〒924-0838 石川県白山市八東穂3-1

TEL 076-274-7704

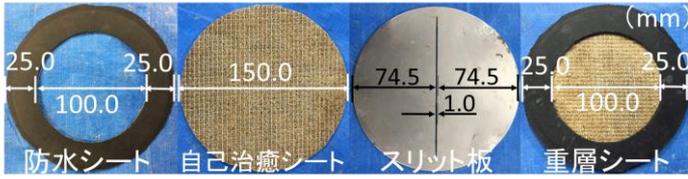


写真1 実験材料の概要

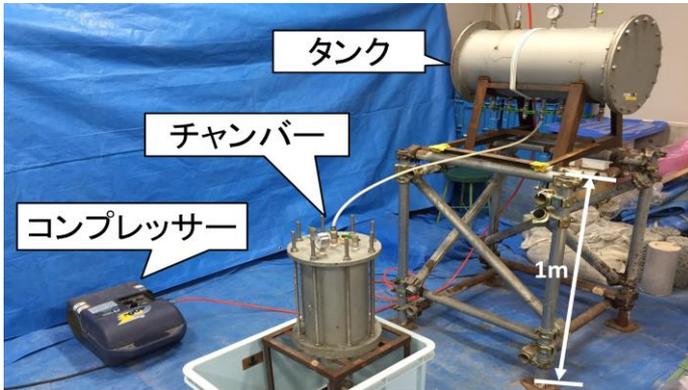


写真2 水圧実験の装置の概要

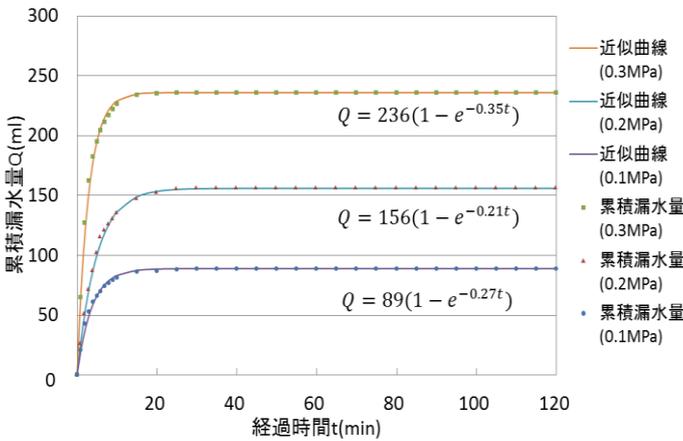


図1 経過時間と累積漏水量との関係

破断した。これはスリット板の変形によるものである。図4および図5はスリット板の最大塑性変形量および最大塑性スリット幅を示したものである。スリット板の厚さは2.0mmとその剛性が小さかったために変形が生じたものである。本実験では覆工コンクリートをスリット板で模擬したため、正確な自封作用は確認できなかった。一方、自己治癒シートが耐えられる最大スリット幅 w_{max} は2mm程度であることが確認された。今後、自己治癒シートの耐えられる変形性能を詳細に確認するとともに、覆工コンクリートの剛性を考慮した自己治癒シートの自封作用を検討する予定である。

参考文献

- 1) 辻本剛士, 木村定雄: 覆工コンクリート中の水酸化カルシウムの溶脱とひび割れの進展のメカニズムの考察, 第65回年次学術講演会, V-214, 2010.9.
- 2) 土木学会: トンネル標準示方書 山岳工法・同解説, pp.99-101, 2006.8.

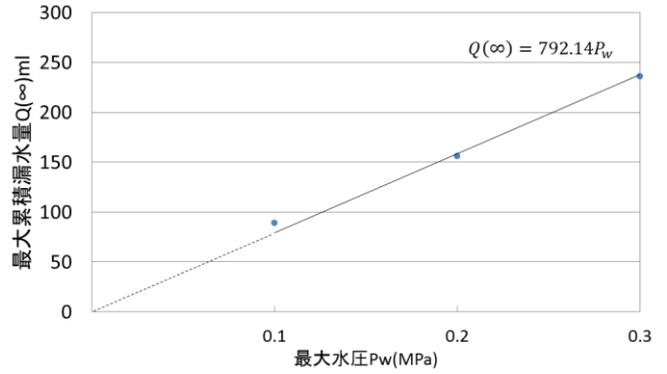


図2 最大累積漏水量 $Q(\infty)$

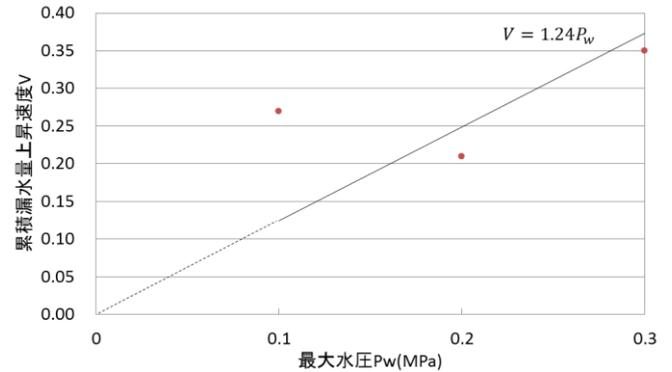


図3 累積漏水量上昇速度V

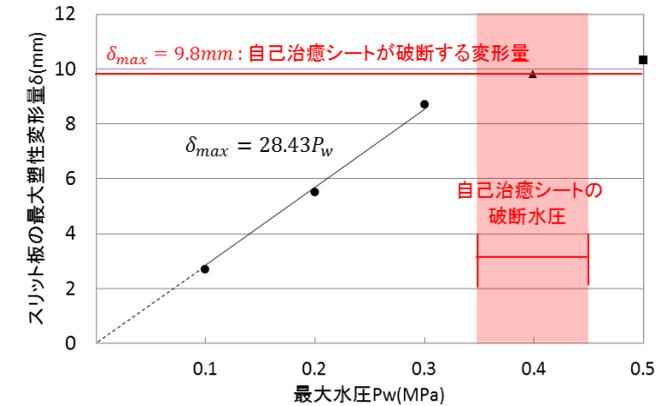


図4 スリット板の最大塑性変形量

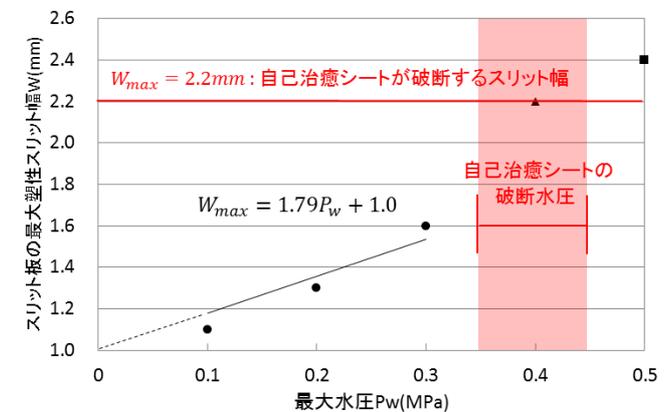


図5 スリット板の最大塑性スリット幅

- 3) 同上2) pp.106-108, 2006.8.
- 4) 大塚正博: シールド工事用セグメントの水膨張シール材による止水設計に関する研究, 早稲田大学学位論文, pp.66, 2006.3.